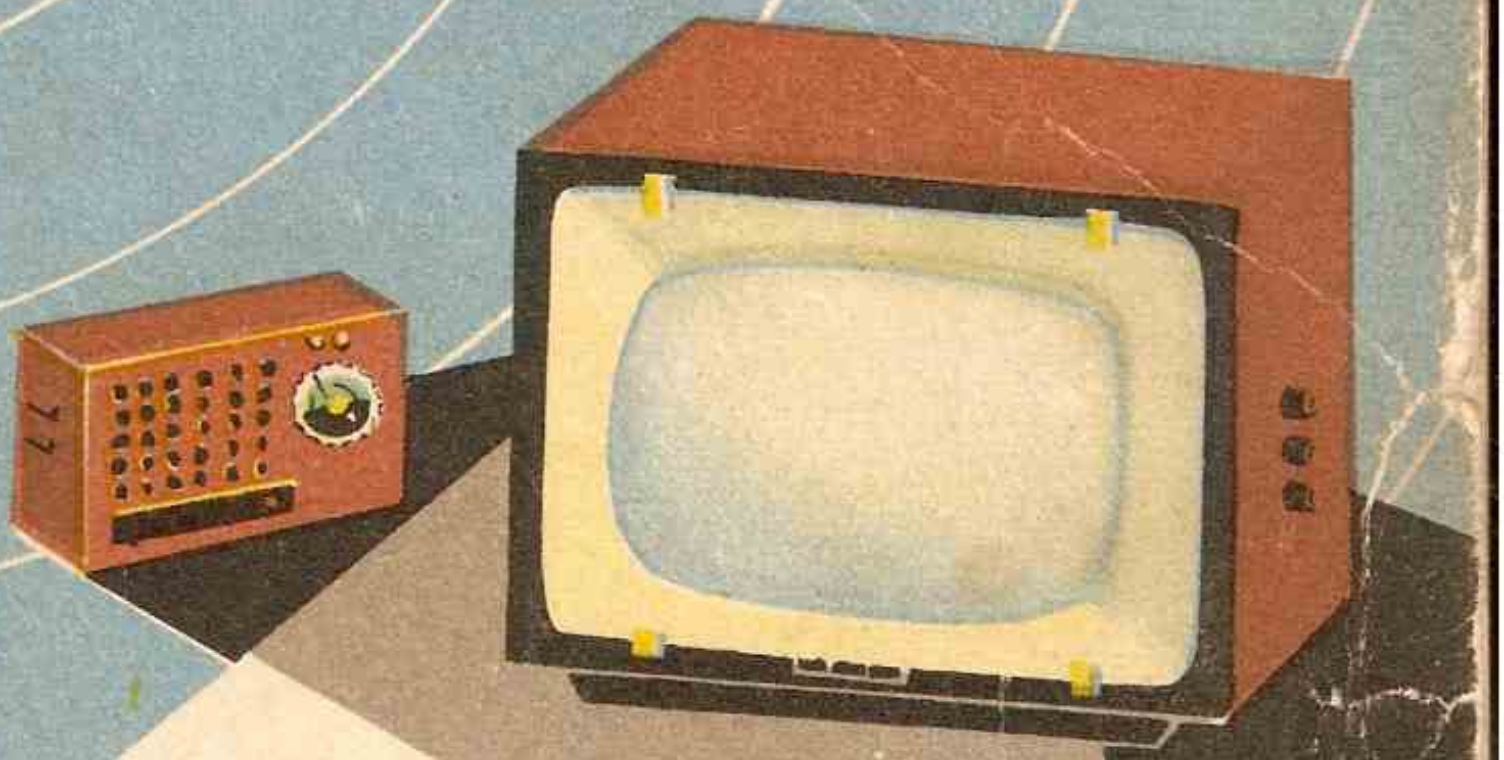
COLECȚIA RADIO ȘI TELEVIZIUNE

C. LUCA ★ P. MILCEA



STEREOFONIA ŞI APLICAŢIILE EI

EDITURA TEHNICĂ

Ing. C. LUCA * Ing. P. MILCEA

STEREOFONIA ŞI APLICAŢIILE EI

EDITURA TEHNICĂ
București — 1963

Lucrarea prezintă principiile de bază ale stereofoniei și aplicațiile ei în domeniul înregistrării sunetului pe disc și pe bandă de magnetofon.

De asemenea, ea tratează emisia și recepția stereofonică, sonorizarea stereofonică în săli, locuințe și în aer liber. Sînt descrise scheme concrete de instalații stereofonice.

Se adresează tehnicienilor radio și radioamatorilor.

PREFAȚĂ

Stereofonia, ramură relativ nouă a electroacusticii, reprezintă o tehnică modernă de înregistrare și reproducere a sunetului.

În stadiul actual sînt rezolvate în mare măsură principalele probleme de stereofonie: se produc discuri stereofonice, agregate de redat discuri, magnetofoane, instalații pentru sonorizări în săli și în aer liber. S-au stabilit condițiile unor ascultări stereofonice de calitate în săli și locuințe. Urmează să se normalizeze pe scară internațională parametrii care caracterizează calitățile înregistrării, emisiei și recepției stereofonice și ascultării stereofonice ș.a.

În țara noastră sînt preocupări pentru rezolvarea teoretică și practică a problemelor de stereofonie.

Pînă în prezent în literatura noastră tehnică nu a apărut o lucrare care să informeze pe tehnicieni și pe ingineri asupra principalelor probleme de stereofonie. Prezenta broșură caută să răspundă tocmai acestui scop.

În cap. I. se prezintă principiile de bază ale stereofoniei.

În cap. II se analizează procedeele de înregistrare și reproducere stereofonice, indicîndu-se rezolvări pentru obținerea înaltei fidelități. Acest capitol interesează în special pe tehnicienii care se ocupă de înregistrarea magnetică și pe discuri.

Cap. III se referă la sonorizări în spații închise și în aer liber, prezentîndu-se realizările practice de instalații și condițiile lor de utilizare.

Cap. IV se ocupă de instalațiile stereofonice pentru înregistrarea și reproducerea sunetului utilizate de studiourile de radio, cinematografie, săli de spectacole. Sînt analizate și scheme concrete de radioreceptoare stereofonice.

Broșura se adresează tehnicienilor care lucrează în studiourile de radiodifuziune și televiziune, în cinematografie și celor care se ocupă de radioreceptoare de înaltă fidelitate. Interesează de asemenea și marea masă de radioamatori.

Capitolul I

PRINCIPIILE DE BAZĂ ALE STEREOFONIEI

Prin stereofonie se înţelege, în general, reproducerea sunetului cu aceleaşi posibilităţi auditive de localizare a surselor sonore ca şi în cazul audiţiei directe a unei producţii muzicale sau vorbite.

Pentru cunoaşterea realizărilor în domeniul stereofoniei, este necesar să fie explicat fenomenul de formare a senzaţiei de spaţiu pe cale auditivă, respectiv a modului de funcţionare a organului auditiv.

1. Organul auditiv

Urechea omului este organul prin intermediul căruia unda sonoră se transformă în senzaţie sonoră. Pavilionul urechii şi canalul auditiv constituie o pîlnie cu proprietatea de canalizare a undei sonore spre timpan. Vibraţiile acestuia se transmit la un lanţ format din trei oscioare, ciocanul, nicovala şi scăriţa, iar de aici, prin fereastra ovală, ajung la urechea internă. Aceasta este formată din trei canale semicirculare, care contribuie la menţinerea echilibrului corpului omenesc, şi dintr-un alt canal în spirală, format din trei secţiuni, denumit melc, prin intermediul căruia este posibilă formarea senzaţiei auditive. Una dintre secţiunile melcului conţine capetele nervilor auditivi, de forma unor peri. Deasupra lor se găseşte o membrană denumită tectorială, care poate atinge capetele nervilor ca urmare a agitaţiei lichidului din canal.

Excitaţia nervoasă apărută ca urmare a atingerii membranei tectoriale de capetele nervilor ajunge la scoarţa cerebrală, prin intermediul nervilor auditivi, parcurgînd un drum destul de lung într-un interval de timp relativ scurt.

Numărul terminaţiilor nervoase este mare, ajungînd în partea superioară a melcului la aproximativ 500 pe milimetru, iar în partea inferioară, la 900—1 100 pe milimetru. La ieşirea din melc, ele formează un ganglion spiral lung.

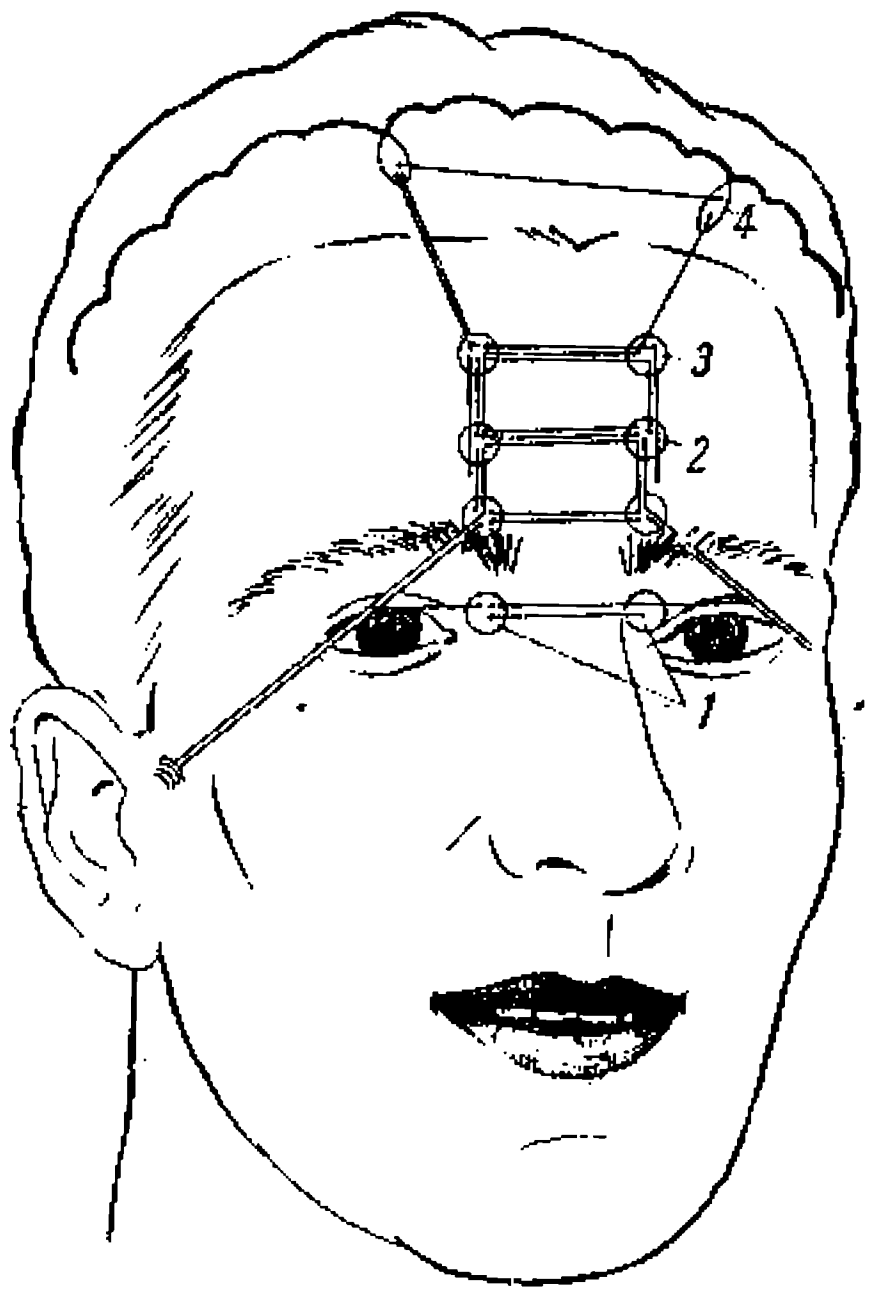


Fig. I.1. Drumul parcurs de excitaţia nervoasă auditivă pînă la scoarţa cerebrală:
1 — nuclee cochleare dorsale şi ventrale; *2* — colicul inferior; *3* — colicul superior; *4* — corp geniculat.

Fenomenul care stă la baza transmisiei excitaţiei nervoase este un fenomen de polarizare electrică a celulelor care intră în structura nervilor. S-a constatat experimental o diferenţă de potenţial de 30 mV între pereţii unei astfel de celule. În momentul excitării nervului auditiv, pe toată lungimea acestuia au loc descărcări electrice, sub formă de impulsuri, viteza de propagare a excitaţiei fiind de 100 m/s. După o asemenea descărcare electrică, nervul poate transmite o nouă excitaţie după un interval de timp cuprins între 0,5 şi 5 ms.

În drumul spre creier, fiecare fibră nervoasă se divide în două, trimiţînd cîte o ramificaţie către nucleele nervoase situate în creier denumite nucleul cochlear dorsal şi nucleul cochlear ventral (fig. I.1).

În aceste nuclee unele fibre se prelungesc cu o altă fibră printr-o joncţiune nervoasă numită sinapsă, avînd rolul de a întîrzia transmisia excitaţiei. Astfel prelungită, fibra nervoasă îşi continuă drumul spre scoarţa cerebrală. Alte fibre nervoase continuă să meargă direct prin nucleul dorsal şi ventral, fără ca transmisia excitaţiei să mai sufere întîrziere.

Este important de menţionat că, la nivelul primului nucleu, unele fibre se încrucişează trecînd în partea opusă şi producînd chiar din acest punct anumite efecte interaurale.

Fibrele nervoase încrucișate și neîncrucișate, întîrziate sau neîntîrziate, se continuă pînă la nucleele așezate în părțile laterale ale creierului, denumite colicule. Ele pot trece direct la alt nucleu, denumit corpul geniculat, situat în creierul mijlociu, sub scoarța cerebrală, sau pot traversa la celălalt colicul.

Ansamblul de fibre nervoase descris mai sus oferă posibilitatea de comparare a impulsurilor care excită cele două urechi.

Corelarea senzației unei urechi cu ea însăși, precum și corelarea permanentă a senzațiilor celor două urechi permit obținerea unei priviri de ansamblu asupra celor două semnale, corespunzătoare celor două urechi.

În fiecare nucleu de pe traseul descris se obține simultan cîte o informație de la ambele urechi, care în scoarța cerebrală formează ceea ce se numește senzația binaurală.

Analizarea acestor informații sonore de către organul auditiv constă în compararea timpilor de sosire a fronturilor undelor sonore la cele două urechi, precum și a diferențelor de intensitate, permițîndu-se astfel localizarea surselor sonore.

2. Perceperea auditivă a direcției și a distanței

Organul auditiv uman are posibilitatea de a determina direcția de unde vine sunetul. Pentru sunete continue de frecvențe pînă la 1 000 Hz această proprietate a urechii este legată de diferența de fază a frontului de undă sonoră sosit la cele două urechi. La frecvențele înalte diferențele de fază fiind mai mari de 180°, determinarea direcției depinde numai de diferența de intensitate a sunetului la urechile ascultătorului. Această diferență de intensitate se datorește ecranării sunetului de către capul omului.

În cazul semnalelor sub formă de impulsuri, direcția se determină pe baza perceperii diferenței timpilor de sosire a undelor sonore la fiecare ureche. În această privință sensibilitatea urechii este foarte mare. Așa cum se va arăta mai tîrziu, ea poate percepe diferențe de timp de ordinul 10^{-5} s, corespunzătoare unei schimbări a direcției sursei sonore cu 3° la distanța de 50 m. Diferențe de timp de ordinul $6{,}3 \cdot 10^{-5}$ s corespund perceperii sursei sonore dintr-o direcție laterală.

Pentru a se realiza un efect stereofonic, este necesar să se reproducă la urechile unui ascultător, prin mijloace

tehnice, condiţiile de timp sau de fază ale sursei reale corespunzătoare.

Distanţa la care se află o sursă sonoră poate fi percepută fie numai cu o ureche, fie cu ambele. Cercetările fiziologice au arătat că perceperea distanţei este determinată de componentele joase ale spectrului sonor al sursei şi este condiţionată de curbura frontului de undă.

Senzaţia de distanţă nu este absolută, ci relativă, fiind condiţionată de procesele tranzitorii la frecvenţele joase.

Dacă, de exemplu, printr-un mijloc oarecare se vor suprima frecvenţele joase (de exemplu cu ajutorul unui condensator introdus în schema electrică a unui dispozitiv de ascultare), menţinînd celelalte condiţii, va apărea impresia îndepărtării sursei sonore de ascultător. În afară de aceasta, mai există şi alţi factori care contribuie la aprecierea distanţei. Dintre aceşti factori se pot enumera reverberaţia încăperii şi conţinutul spectral al sunetului. S-a constatat de altfel că o contribuţie puternică a frecvenţelor înalte în spectrul sonor creează impresia că sursa de sunet ar fi situată în imediata apropiere a ascultătorului. De asemenea, s-a constatat că mărirea reverberaţiei încăperii produce impresia îndepărtării sursei sonore de ascultător.

3. Localizarea auditivă a unei surse sonore

În cazul auzului normal binaural se produc simultan atît diferenţe de intensitate sonoră datorită dimensiunilor capului uman, cît şi diferenţe de timp datorită distanţei dintre urechi, ambele contribuind la localizarea cu o precizie destul de bună a sursei sonore. Pentru explicarea fenomenului, se consideră o sursă ale cărei unde sonore ajung la cele două urechi dintr-o anumită direcţie, definită de unghiul de incidenţă θ. Aşa cum se arată în fig. I.2, în care s-a asimilat capul uman cu o sferă şi s-a notat unghiul de incidenţă cu θ, rezultă pentru diferenţa de drum dintre cele două urechi, notată cu l, următoarea expresie:

$$l = R(\theta + \sin\theta), \qquad (I.1)$$

în care R este raza capului (pentru simplificarea formulei s-a considerat că sursa de sunet este foarte îndepărtată, astfel încît undele sonore incidente la cele două urechi sînt paralele).

Ținînd seama de relația (I.1), rezultă pentru o rază mijlocie a capului uman egală cu 8,15 cm și un unghi de incidență $\theta = 90°$ o diferență de drum de 21 cm. Această valoare constituie de altfel o constantă naturală pentru auzul uman.

Din relația (I.1) se poate deduce de asemenea o diferență de timp τ între sosirile frontului de undă la cele două urechi. Aceasta are următoarea expresie :

$$\tau = \frac{l}{c} = \frac{R}{c}(\theta + \sin\theta), \qquad (I.2)$$

c fiind viteza sunetului în aer.

Variația diferenței de timp τ în funcție de unghiul de incidență θ, este indicată în fig. I.3.

Se observă că diferența de timp este mică în cazul surselor sonore apropiate de axa de simetrie a capului adică pentru un unghi θ apropiat de 0°.

Considerînd cazul în care se redau prin intermediul a două căști telefonice semnale sub formă de impulsuri egale în amplitudine însă decalate în timp, se obține senzația unei deplasări laterale a imaginii sonore. S-a constatat că unghiul lateral astfel rezultat este mai mic decît acela obținut prin măsurări obiective (fig. I.2) sau dedus prin relația (I.1).

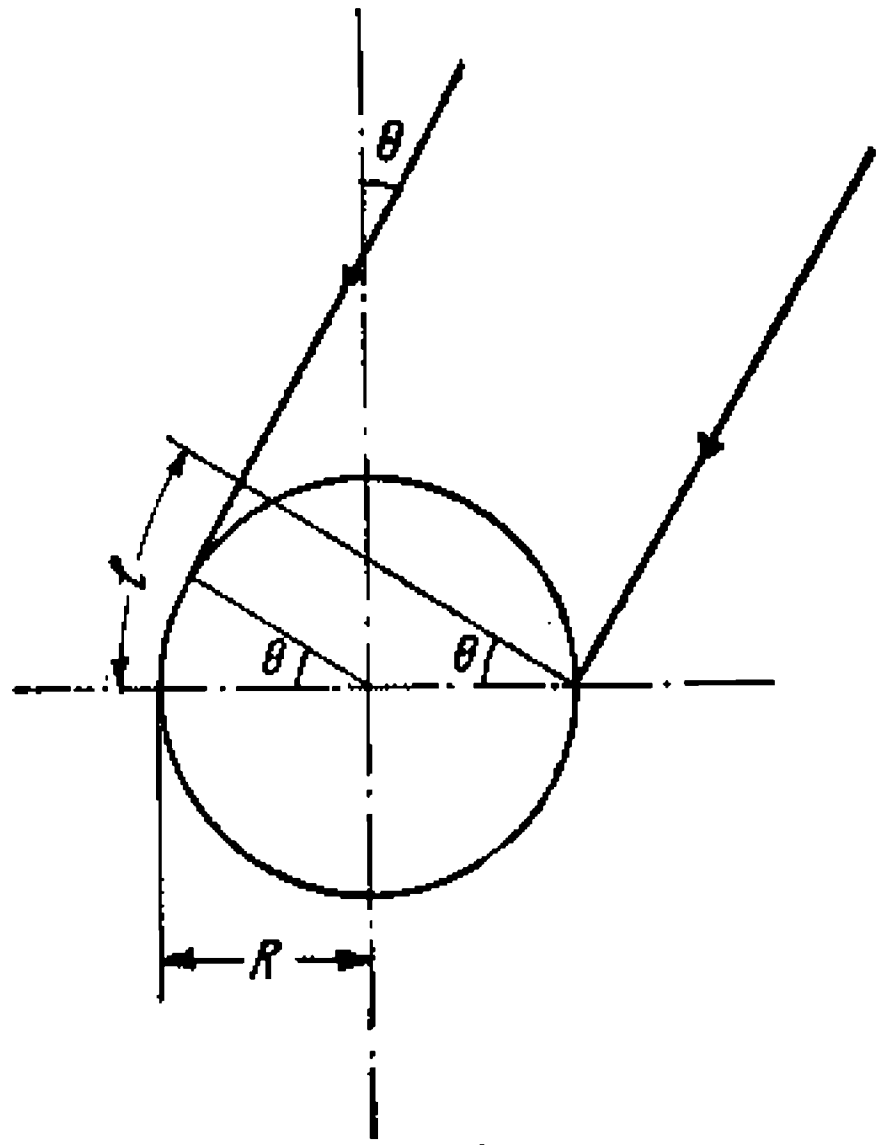


Fig. I.2. Determinarea diferenței de drum l dintre două unde sonore emise sub un unghi θ de o sursă de sunet situată la o distanță foarte mare.

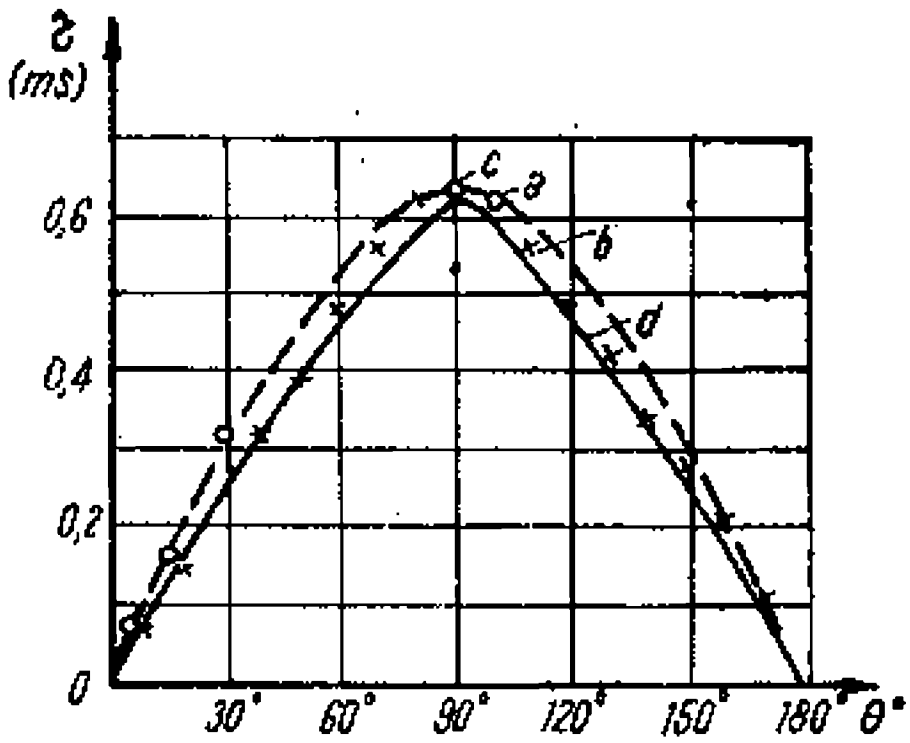


Fig. I.3. Variația diferenței de timp τ în funcție de unghiul de incidență θ: a — calculată cu relația (I.3); b — stabilită prin măsurări obiective; c — stabilită prin cercetări subiective; d — calculată cu relația (I.2).

Pentru acest ultim caz, al încercărilor subiective, este necesară o corecție a formulei (I.2), și anume:

$$\tau = \frac{l}{c} = \frac{2R}{c}\left(1 + \frac{\sin\theta}{4}\right)\sin\theta. \qquad (I.3)$$

De exemplu, pentru a exista o corespondență între relațiile (I.2) și (I.3) la un unghi de incidență $\theta = 90°$, este necesar să se considere o valoare pentru R egală cu 8,4 cm în loc de 8,15 cm.

S-a arătat mai înainte că se pot obține deplasări ale imaginii sonore prin transmiterea în căștile ascultătorului a unor semnale decalate în timp. Astfel, dacă se creează un decalaj de 0,63 ms, sursa de sunet fictivă se deplasează lateral cu un unghi de 90°. Ceea ce trebuie remarcat este că această senzație de deplasare a imaginii sonore cu unghiul $\theta = 90°$ se păstrează practic și pentru valori ale lui τ mai mari, cuprinse între 0,63 și 1,2 ms. Creșterea valorii lui τ peste 1,2 ms anulează însă efectul de deplasare laterală a sursei, ambele semnale sonore percepîndu-se izolat din stînga și din dreapta ascultătorului.

În privința preciziei localizării sursei de sunet, care este de obicei mai mare în direcția axei de simetrie a capului, s-a constatat experimental că se poate ajunge pînă la valori ale lui $\tau = 0{,}03$ ms, ceea ce înseamnă o diferență de drum de 1 cm sau un unghi de situare laterală a sursei sonore $\theta = 3°$. Considerînd, deci, pe de o parte, această valoare de 0,03 ms ca limită inferioară de precizie pînă la care se pot percepe deplasările virtuale ale imaginii sonore și, pe de altă parte, ținînd seama de relația (I.3), rezultă că se pot localiza sursele de sunet — fără întoarcerea capului — cu o precizie de 3° pentru un unghi de 30°, cu o precizie de 5° pentru un unghi de 60° și, în sfîrșit, cu o precizie de 13° pentru un unghi de 80°. Aceste valori duc la concluzia că pentru un unghi de incidență cuprins între 60 și 90° se poate localiza sursa sonoră cu suficientă precizie la întoarcerea capului cu aproximativ 30°.

Pînă acum s-a ținut seama numai de diferența de timp de sosire la cele două urechi a fronturilor de undă sonoră. La auzul natural, binaural, diferența de timp este însoțită și de diferența de intensitate între fronturile de undă sonoră care sosesc la cele două urechi. Aceasta este provocată în special de dimensiunile și conformația capului. Astfel, la urechea situată mai aproape de sursa de sunet, presiunea

sonoră este mai mare; la cea mai îndepărtată, presiunea sonoră este mai mică.

Diferența de intensitate sonoră între cele două urechi depinde de frecvența sunetului, fiind mai mare la frecvențele superioare lui 1 000 Hz, și de unghiul de incidență al undelor sonore. Astfel, în fig. I.4 este prezentată variația diferenței

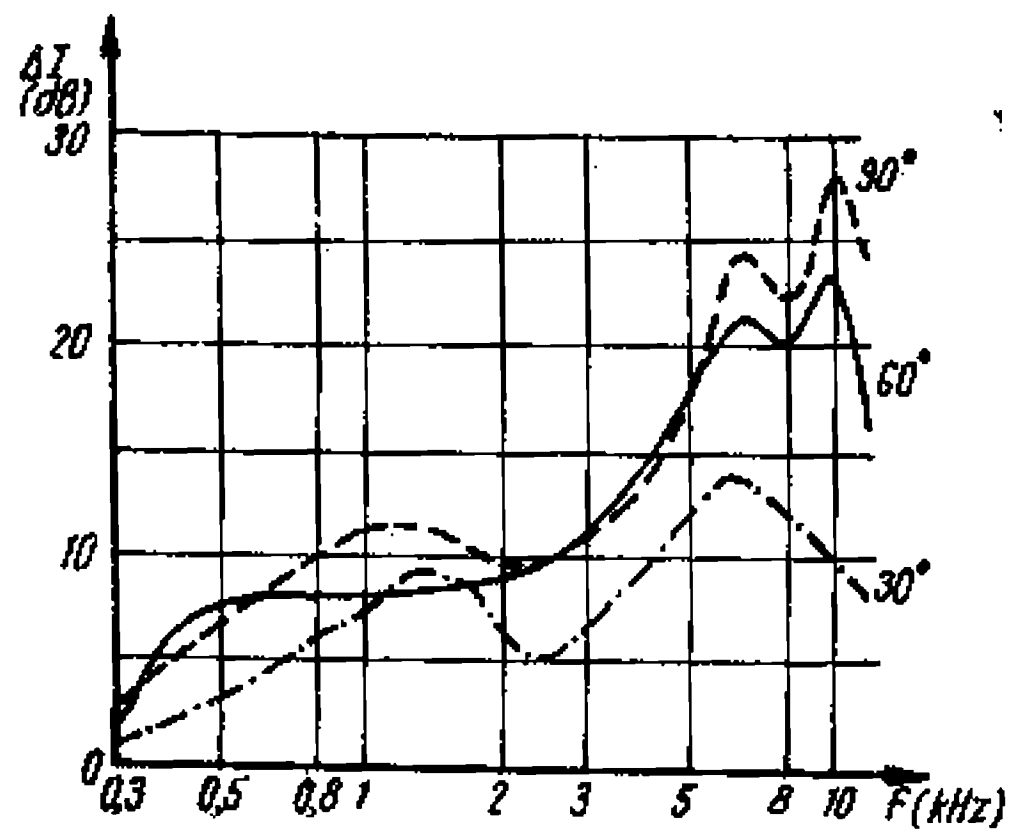


Fig. I.4. Variația diferenței de intensitate ΔI în funcție de frecvență.

de intensitate sonoră între cele două urechi în funcție de frecvență pentru unghiuri de incidență constante (30°, 60°, 90°), curbele fiind rezultatul unor măsurări obiective. Se remarcă faptul că la frecvențe înalte și în special pentru unghiuri de incidență mari — corespunzătoare unor diferențe de drum mari — valoarea diferenței de intensitate este și ea mare. Așa, de exemplu, la o valoare a unghiului de incidență de 60°, diferența de intensitate este de circa 23 dB la 10 kHz, față de 8 dB la 800 Hz. Pentru un unghi de 90°, la o frecvență de 10 kHz, diferența de intensitate este de aproximativ 28 dB, iar pentru același unghi, la o frecvență de 800 Hz, este de 10 dB. Dacă se variază unghiul, făcînd să se rotească sursa de sunet în jurul capului ascultătorului, se produce o variație de intensitate sonoră la ambele urechi, ceea ce determină și o variație a diferenței de intensitate. În fig. I.5 este exemplificat acest lucru, sunetul de probă în acest caz nefiind un semnal sinusoidal, ci un semnal corespunzător vorbei.

În această figură sînt indicate intensitățile la cele două urechi (cea apropiată de sursă — curba *1*, cea depărtată —

curba *2*) și diferența de intensitate între semnalele sonore care ajung la ambele urechi (curba *3*). Se observă că diferența de intensitate este nulă în cazul în care sursa de sunet este situată la un unghi de 0° sau 180°, adică atunci cînd se află pe axa de simetrie a capului ascultătorului. Diferența de intensitate este maximă în jurul valorii de 90°, cînd una dintre cele două urechi este în poziția cea mai apropiată de sursă. Observîndu-se deci că deplasarea unei surse sonore în jurul ascultătorului creează diferențe de intensitate, s-a căutat să se obțină deplasarea virtuală a unei surse sonore în funcție de diferența de intensitate a sunetului. Într-adevăr,

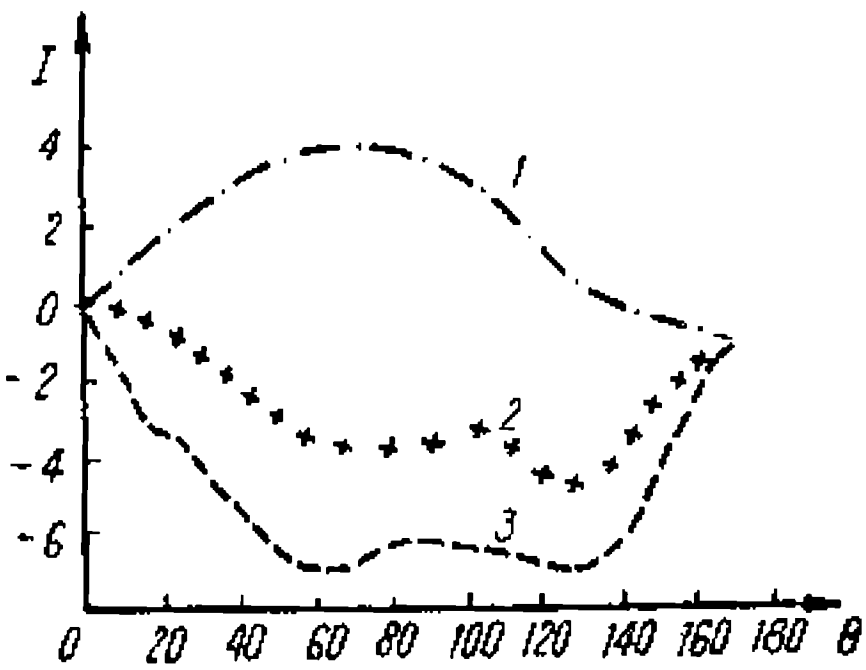


Fig. I.5. Variația intensităților sonore la cele două urechi pentru diverse unghiuri de incidență θ ale frontului de undă sonoră.

experiențele au arătat că dacă se aplică urechilor ascultătorului, prin intermediul unor căști, semnale de amplitudini diferite, se creează senzația de deplasare a imaginii sonore.

În fig. I.6 este prezentat modul de variație a unghiului de deplasare a imaginii sonore α în funcție de diferența de intensitate ΔI, ca rezultat al unor încercări subiective. Se observă pe această figură că, de exemplu, pentru o valoare a diferenței de intensitate la cele două urechi de 15 dB se obține o deplasare a sursei sonore virtuale cu 40°.

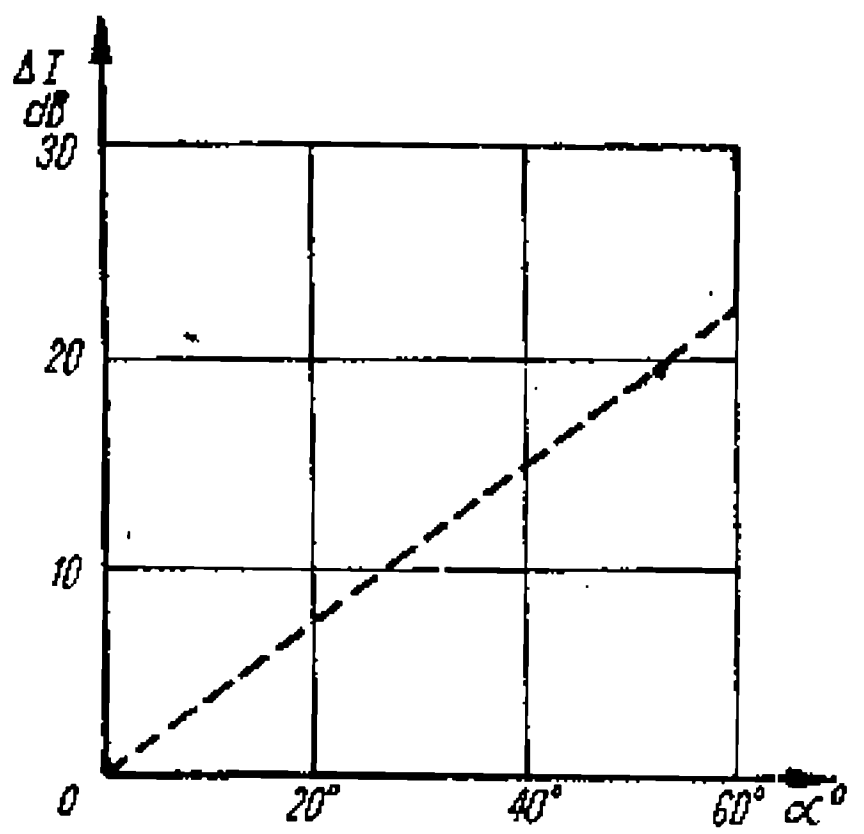


Fig. I.6. Variația unghiului de situare laterală α a imaginii sonore în funcție de diferența intensităților sonore la cele două urechi.

Deplasarea imaginii sonore se face în stînga sau în dreapta axei de simetrie a capului ascul-

lătorului, după cum semnalul sonor mai puternic se aplică la urechea stîngă, respectiv la cea dreaptă.

Pentru semnalele sinusoidale s-a mai observat că precizia maximă de localizare a sursei de sunet se obţine pentru frecvenţe superioare celei de 5 000 Hz. În cazul folosirii unor frecvenţe mai mici decît aceasta, va exista o abatere în determinarea direcţiei sursei sonore fictive, imaginea sonoră situîndu-se lateral la un unghi mai mic decît cel din realitate. Devierea faţă de poziţia reală va fi cu atît mai mare cu cît frecvenţa va fi mai mică.

Din cele arătate rezultă că, în general, pentru determinarea direcţiei imaginii sonore la frecvenţe mai mici de 1 000 Hz intervine diferenţa de timp rezultată din diferenţa de drum a propagării frontului undei sonore între cele două urechi, pe cînd la frecvenţe superioare lui 1 000 Hz se datoreşte diferenţei de intensitate.

Diferenţa de timp ca şi cea de intensitate sînt percepute simultan de organul auditiv, creînd senzaţia de direcţie.

4. Localizarea imaginii sonore cu ajutorul a două canale electroacustice

Reproducerea sunetului stereofonic comportă în general două canale de transmisie separate, care leagă camera de captare de cea de redare. În fig. I.7 este ilustrat acest lucru.

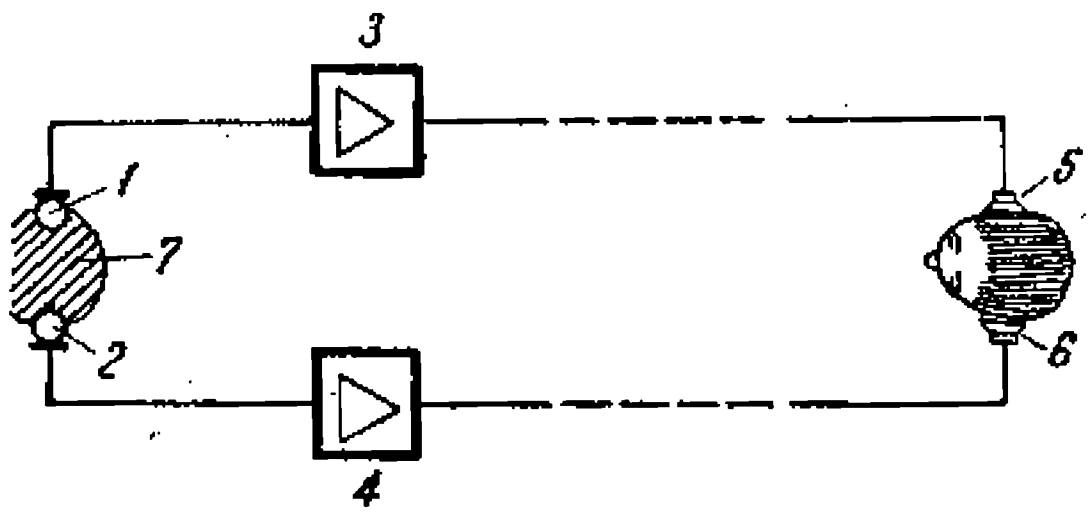


Fig. I.7. Schema de principiu a unei transmisii stereofonice:
1, *2* — microfoane; *3*, *4* — amplificatoare; *5*, *6* — căşti telefonice; *7* — cap artificial.

Sunetul este captat prin intermediul unui cap artificial 7. Se înţelege prin cap artificial o sferă avînd diametrul aproximativ egal cu distanţa dintre urechi. Sfera este pre-

văzută cu două microfoane *1*, *2*, amplasate la capetele unuia dintre diametrele sale. Tensiunea obținută la bornele microfoanelor este amplificată prin amplificatoarele *3*, *4* și apoi aplicată căștilor *5* și *6*. În acest fel se poate percepe direcția surselor sonore situate de o parte sau de alta a axei de simetrie a capului artificial. În această situație rotirea capului ascultătorului face ca tot ansamblul de surse sonore fictive să capete o mișcare de rotație similară cu cea a capului, fiecare sursă păstrîndu-și totuși poziția relativă una față de alta.

Se pot înlocui cele două căști de la urechile ascultătorului cu două difuzoare, care se plasează la o anumită distanță unul față de celălalt. Ascultătorul se va situa în acest caz în fața difuzoarelor pe axa lor de simetrie. În cazul rotirii capului, se va păstra senzația obținută prin intermediul căștilor, cu deosebirea că sursele sonore fictive se vor menține pe aceeași bază.

Pentru a analiza localizarea imaginii sonore cu ajutorul a două canale electroacustice, se consideră două difuzoare A — stînga — și B — dreapta — și un ascultător situat pe axa de simetrie a acestor două difuzoare. S-a notat cu α' unghiul făcut de axa de simetrie a difuzoarelor cu dreapta care unește difuzorul cu ascultătorul (fig. I.8).

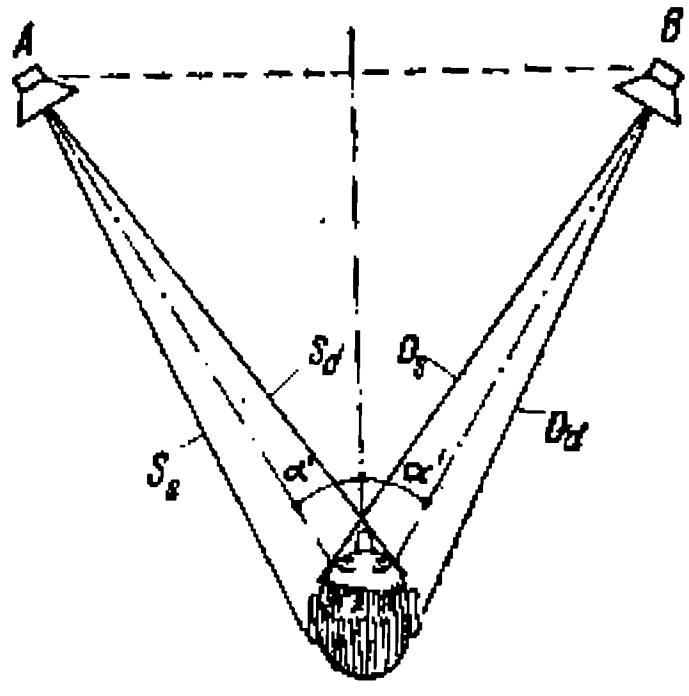


Fig. I.8. Localizarea imaginii sonore cu ajutorul a două canale electroacustice.

La fiecare ureche va sosi un semnal direct, notat cu S_s, respectiv D_d, și un semnal încrucișat, notat cu S_d, respectiv D_s. Presupunînd că ar funcționa un singur difuzor, atunci totalitatea surselor sonore situate în camera de captare vor fi redate numai prin acesta, dispărînd senzația de direcție. Pentru a percepe direcția care să corespundă locului unde a fost situată o sursă de sunet, este necesar să funcționeze ambele difuzoare. Semnalele sonore transmise de aceste difuzoare dau la urechile ascultătorului un semnal rezultant. Din analiza matematică reiese că semnalul rezultant la una din urechi are ca amplitudine suma amplitudinilor celor două

componente individuale sosite de la fiecare difuzor, fiind întîrziat față de prima componentă (S_s respectiv D_d) cu o anumită valoare. Diferența de timp între semnalele rezultante, la cele două urechi, depinde de raportul dintre diferența și suma amplitudinilor celor două semnale sonore care sosesc de la cele două difuzoare și de diferența de timp dintre aceste semnale sonore. Pentru a exista o coincidență între deplasarea unei surse sonore și deplasarea sursei de sunet fictive este necesar să fie respectată relația :

$$(\theta \sin \theta) = (\alpha + \sin \alpha) \frac{S - D}{S + D}. \qquad (I.4)$$

În această relație, pentru simplificare s-a presupus că atenuarea semnalelor încrucișate este neglijabilă și deci $S_s = S_d = S$; $D_d = D_s = D$.

Pentru a observa modul în care se deplasează imaginea sonoră în funcție de diferența de intensitate, se consideră situația din fig. I.8. Această diferență s-a obținut prin varierea nivelului de intensitate sonoră a celor două difuzoare. Ca urmare a acestei variații de intensitate, imaginea sonoră a ocupat pe rînd poziții intermediare între cele două difuzoare.

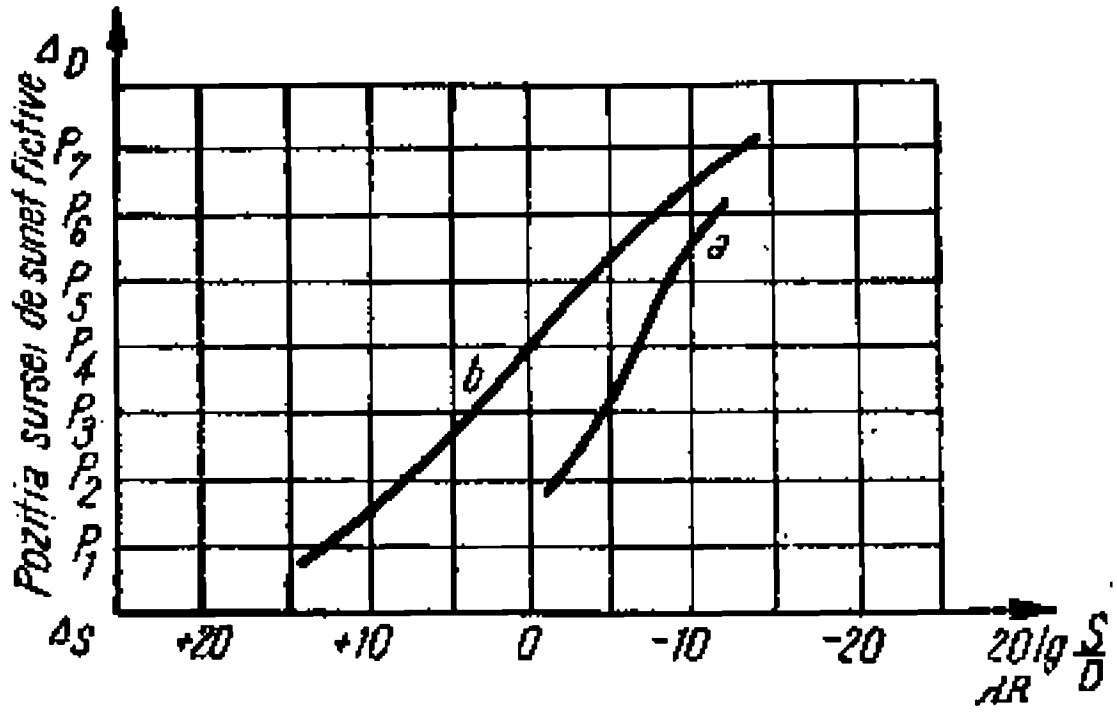


Fig. I.9. Poziția sursei de sunet fictive în funcție de raportul intensităților sonore ale celor două canale $\frac{S}{D}$:

a — capul ascultătorului deviat lateral cu 15 cm față de poziția anterioară; *b* — capul ascultătorului fixat pe un suport rigid în ax.

Modul în care variația raportului de intensitate a celor două difuzoare $\frac{S}{D}$ influențează deplasarea imaginii sonore este reprezentat în figura I.9 (curba *b*). Se observă că pentru

un raport $\frac{S}{D}$ egal cu 8 dB se obține o deviere a imaginii sonore de la centru în poziția P_2, iar la o creștere suplimentară de 4 dB, adică pentru un raport $\frac{S}{D}$ egal cu 12 dB, sursa sonoră fictivă se mută în P_1. Este necesar să se precizeze că rezultatele acestea au fost obținute în situația cînd capul ascultătorului este situat pe axa de simetrie a difuzoarelor. În acest caz, capul se sprijină pe un suport, astfel încît sînt excluse chiar cele mai mici devieri ale poziției acestuia. Pentru mici deplasări ale capului ascultătorului față de axa de simetrie a difuzoarelor se produce o modificare substanțială a rezultatelor. În fig. I.9 (curba *a*), se observă efectul deplasării cu 15 cm a capului ascultătorului față de această axă.

Ca urmare a celor arătate pînă acum, s-a putut trasa o curbă care să indice modul de variație a unghiului corespunzător deplasării laterale a imaginii sonore în funcție de variația diferenței de intensitate (fig. I.10, *b*).

Curba din fig. I.10, *b* s-a trasat în cazul în care distanța între linia difuzoarelor și ascultător este 3,5 m, iar distanța între difuzor și axa de simetrie este 1,75 m (fig. I.10, *a*).

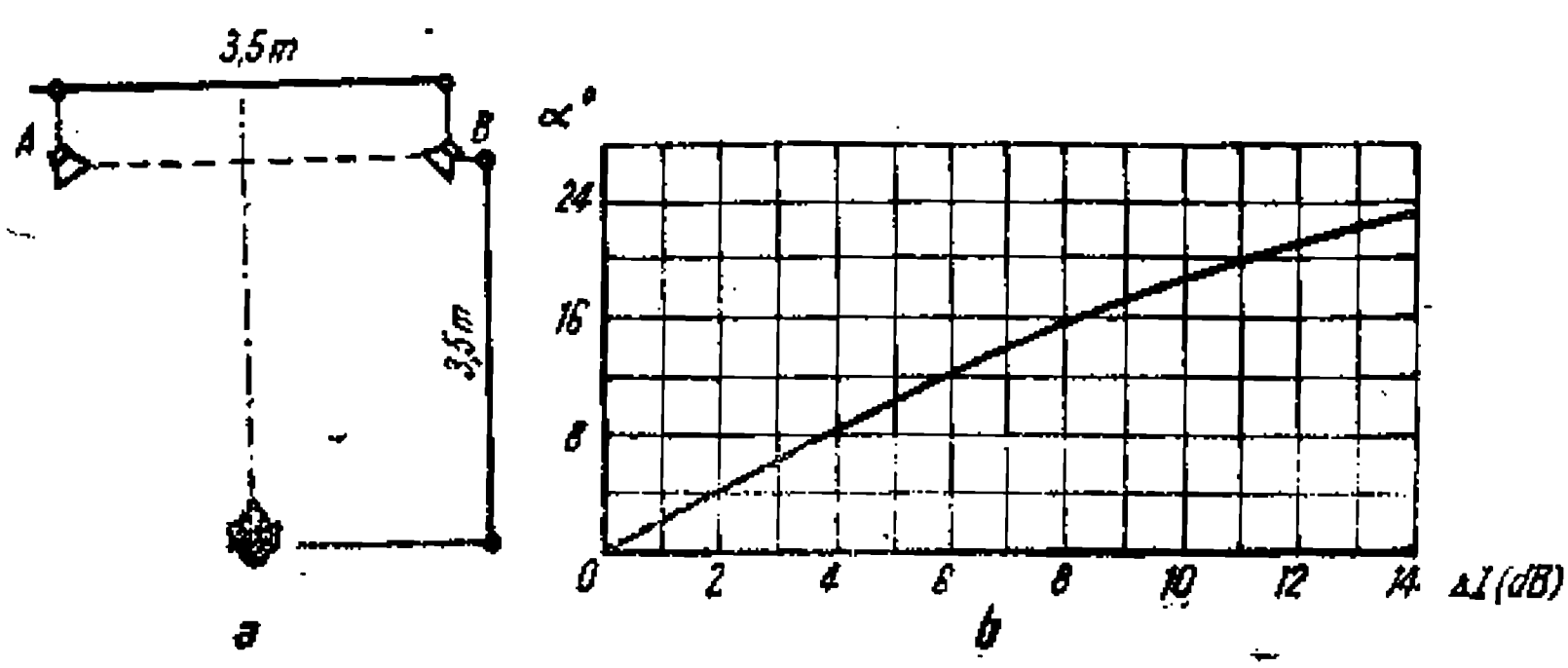


Fig. I.10. Variația unghiului de situare laterală α a sursei de sunet fictive în funcție de diferența de intensitate sonoră ΔI.

Din analiza acestei curbe se poate constata că pentru valori mari ale diferenței de intensitate ΔI aceasta se apropie asimptotic de valoarea unghiului făcut de axa de simetrie a difuzoarelor cu linia care ar uni pe ascultător cu unul dintre cele două difuzoare. În cazul de față acest unghi are valoarea de 26°30′.

Ca să se obțină rezultatele de mai sus, trebuie evitat defazajul de 180° între cele două canale ca urmare a inversării conectărilor la cele două difuzoare. În fig. I.11 este arătată importanța respectării acestei condiții, absolut necesară menținerii efectului stereofonic al audiției unei producții sonore.

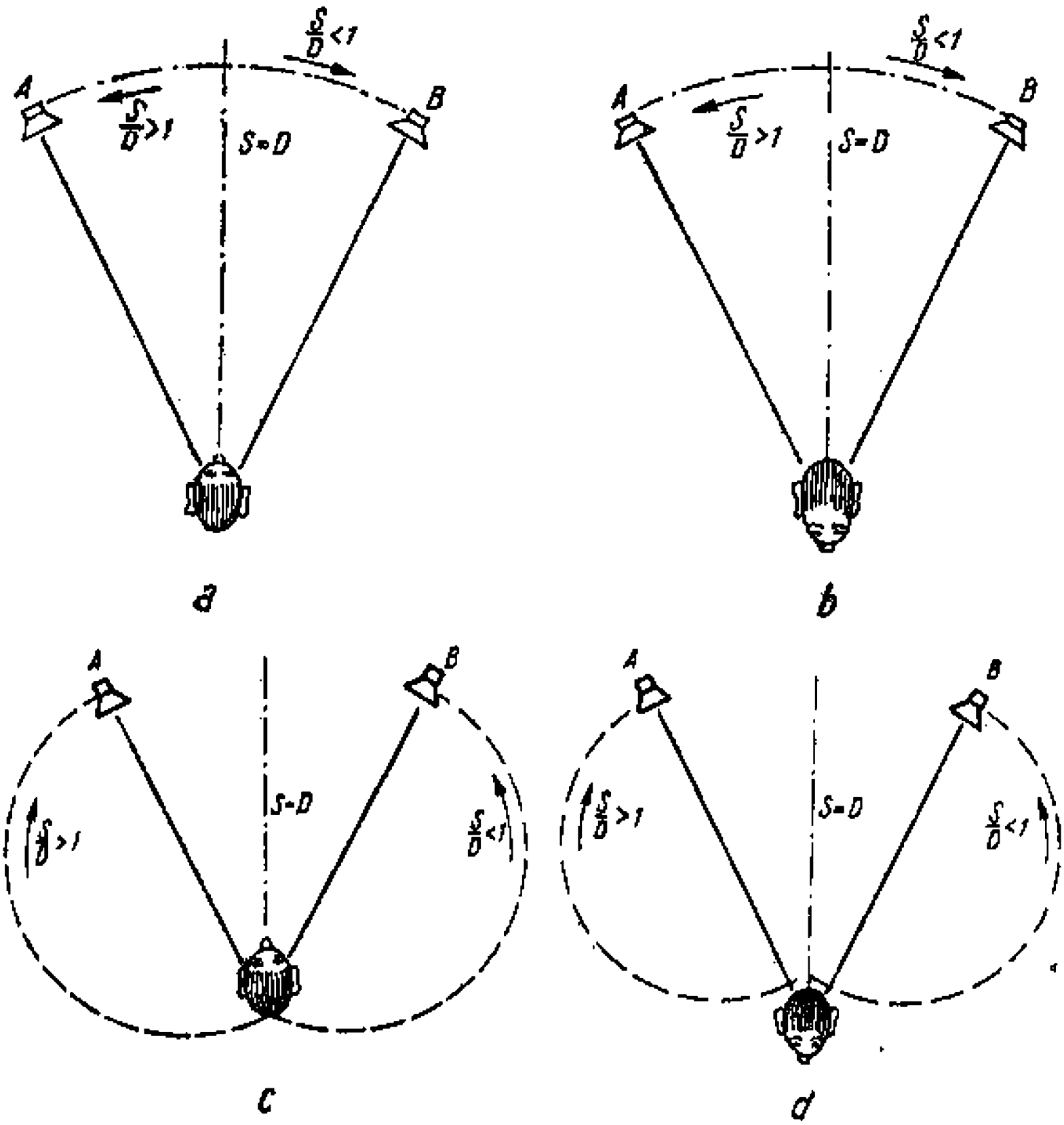


Fig. I.11. Influența inversării conectărilor asupra situării poziției sursei de sunet fictive:
a, *b* — conectare corectă; *c*, *d* — conectare incorectă.

Într-adevăr, inversarea fazei la unul dintre cele două canale produce o senzație de distribuire a surselor sonore fictive în afara spațiului dintre cele două difuzoare (fig. I.11, *c*). În cazul în care se respectă condiția de fază, sursele sonore fictive sînt distribuite între cele două difuzoare

(fig. I.11, *a*). În fig. I.11, *b* și I.11, *d*, este prezentată influența rotirii capului cu 180° cînd difuzoarele sînt montate în fază, respectiv în antifază.

Dacă în cele două canale electroacustice independente se provoacă o diferență de timp, între semnalele aplicate se produce o deplasare a imaginii sonore, care se poate determina prin unghiul făcut de axa de simetrie a capului cu

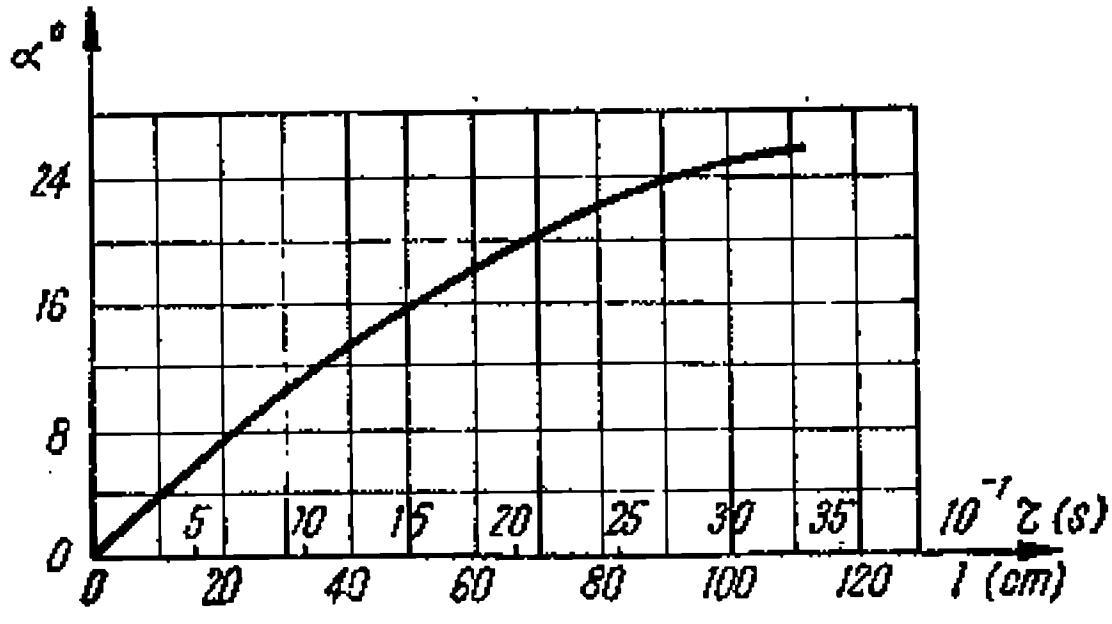


Fig. I.12. Variația unghiului α în funcție de diferența de timp τ, respectiv diferența de drum l.

direcția sursei de sunet fictive. Modul de variație a acestui unghi în funcție de valorile lui τ este arătat în fig. I.12.

Se observă că variația continuă a decalajului de timp produce o deplasare continuă a imaginii sursei sonore.

Rezultă deci că diferența de timp ca și cea de intensitate produc deplasarea sursei sonore fictive. Este interesant să se remarce că experimental s-au determinat valorile diferenței de intensitate și ale diferenței de timp care produc aceeași deplasare a imaginii sursei sonore. Astfel, dacă la unul dintre cele două canale se produce o diferență de timp față de celălalt canal, acesteia îi corespunde o deplasare a sursei sonore fictive cu un anumit unghi α. Pentru a aduce sursa de sunet fictivă în poziția inițială, se creează o diferență de intensitate între cele două canale care să anuleze efectul diferenței de timp. Se determină astfel diferența de timp corespunzătoare diferenței de intensitate. Rezultatele sînt menționate în fig. I.13.

Condițiile în care au fost determinate aceste curbe au fost următoarele: pentru curba *a* s-a folosit un singur ascultător, pentru curba *b*, doi ascultători. Semnalul sonor folosit a fost o sursă de zgomot cu bandă limitată cuprinsă între 250 și 500 Hz. Rezultatele obținute sînt influențate de anumiți

factori a căror cunoaștere este indispensabilă pentru determinarea condițiilor referitoare la înregistrarea și redarea stereofonică a sunetului.

Cei mai importanți factori sînt:

— natura sunetului; pentru un anumit nivel de ascultare și pentru un anumit număr de ascultători diferența de intensitate între cele două canale, necesară pentru readucerea sursei de sunet fictive la poziția inițială, este dependentă de natura sunetului, și anume este mai mare pentru acele sunete care au caracteristici tranzitorii, cum ar fi, de exemplu, impulsurile;

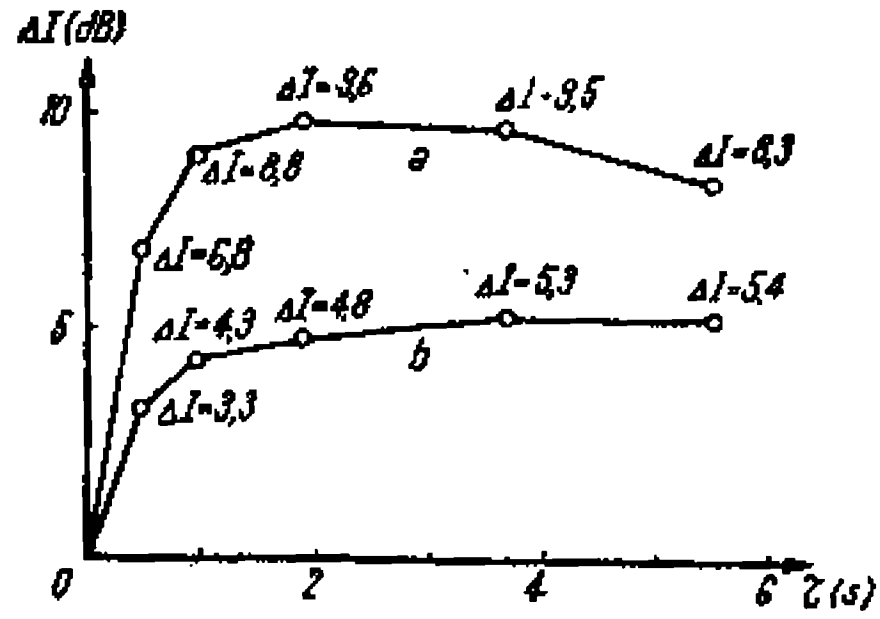


Fig. I.13. Dependența între diferența de timp τ și diferența de intensitate sonoră ΔI care determină aceeași deplasare a sursei de sunet fictive.

— nivelul sunetului; pentru un anumit sunet și un anumit număr de ascultători diferența de intensitate necesară pentru compensarea unei diferențe de timp depinde de nivelul cu care este emis semnalul sonor;

— de asemenea, diferența de intensitate necesară pentru compensarea unei anumite diferențe de timp variază de la un ascultător la altul.

Studiul mecanismului de localizare a imaginii sonore, cu ajutorul a două canale electroacustice, constituie premiza realizării unor instalații care să permită înregistrarea și reproducerea stereofonică.

BIBLIOGRAFIE

1. *Necșulea A.*, Bazele acusticii clădirilor, Ed. Academiei R.P.R., București, 1960.
2. *Skudrzyk E.*, Die Grundlagen der Akustic, Springer Verlag, Wien, 1954.
3. *Harris Donald*, The stereo illusion, Electronics World, nr. 4, oct. 1955, pp. 37—40.
4. *Katzfey W., Schröder F. K.*, Die Grundlagen des stereophonen Hörens, Radio Mentor nr. 6 iunie, 1958, pp. 377—381.

5. *Kaszynski Gert, Orlmeyer Walter,* Die Zwei-Kanal-Stereophonie und ihr Aufnahmeverfahren, Bild und Ton, Nr. 4—5 April-Mai, 1961.
6. *Necşulea A.,* Stereofonie şi pseudostereofonie, Telecomunicaţii, Nr. 3, 1959, pp. 124—130.
7. *Leakey D.,* Stereophonic Sound Systems, Wireless World, April 1960, pp. 154—160.
8. *Garcin Jacques,* Et voici la stéréophonie, Toute la Radio, Nr. 230, Nov. 1958, pp. 423—432.
9. *Clark H. A. M., Dretton G. F. and Vanderlyn P. B.,* The stereosonic recording and reproducing system, Journal of the Audio Engineering Society, Nr. 2, 1958.
10. *Hemardinquer P.,* La pratique de la Stéréophonie, Editions techniques professionnelles, G. Dufour, Paris.
11. *Schroeder M.,* An artificial stereophonic effect obtained from a single audiosignal, Journal of the Audio Engineering Society, nr. 2, 1958.

Capitolul II

ÎNREGISTRAREA ŞI REPRODUCEREA STEREOFONICĂ

1. Procedee de înregistrare şi reproducere stereofonică

În capitolul precedent au fost arătate principiile care stau la baza unei transmisii stereofonice, principii ce au fost stabilite în urma cercetării proprietăţilor auzului binaural şi care au permis elaborarea unor procedee de înregistrare şi redare stereofonică.

Descrierea acestor procedee de înregistrare şi redare stereofonică necesită precizarea anumitor termeni, ca: monoaural, binaural, monofonic şi stereofonic.

Astfel, prin procedeul de reproducere *monoaural* se înţelege transmiterea directă a sunetului la urechile ascultătorului, captat cu unul sau mai multe microfoane. Microfoanele sînt conectate la un singur canal electroacustic, iar ieşirea acestui canal este legată la una sau două căşti telefonice (fig. II.1).

Procedeul de reproducere *binaural* constă din transmitere directă a sunetului la urechile ascultătorilor. În acest caz, pentru captarea sunetului, se utilizează două microfoane, fiecare dintre ele fiind conectat la două canale independente. Ieşirea canalelor se conectează fiecare separat la cîte o cască telefonică (fig. II.2).

Procedeul de reproducere *monofonic* constă în redarea sunetului prin cîmp acustic; astfel, unul sau mai multe microfoane destinate pentru captarea sunetului original sînt conectate la un singur canal, a cărui ieşire este legată la unul sau mai mult difuzoare (fig. II.3).

Procedeul *stereofonic* constă în reproducerea sunetului prin cîmp acustic, în care două sau mai multe microfoane întrebuinţate pentru captarea sunetului original sînt conec-

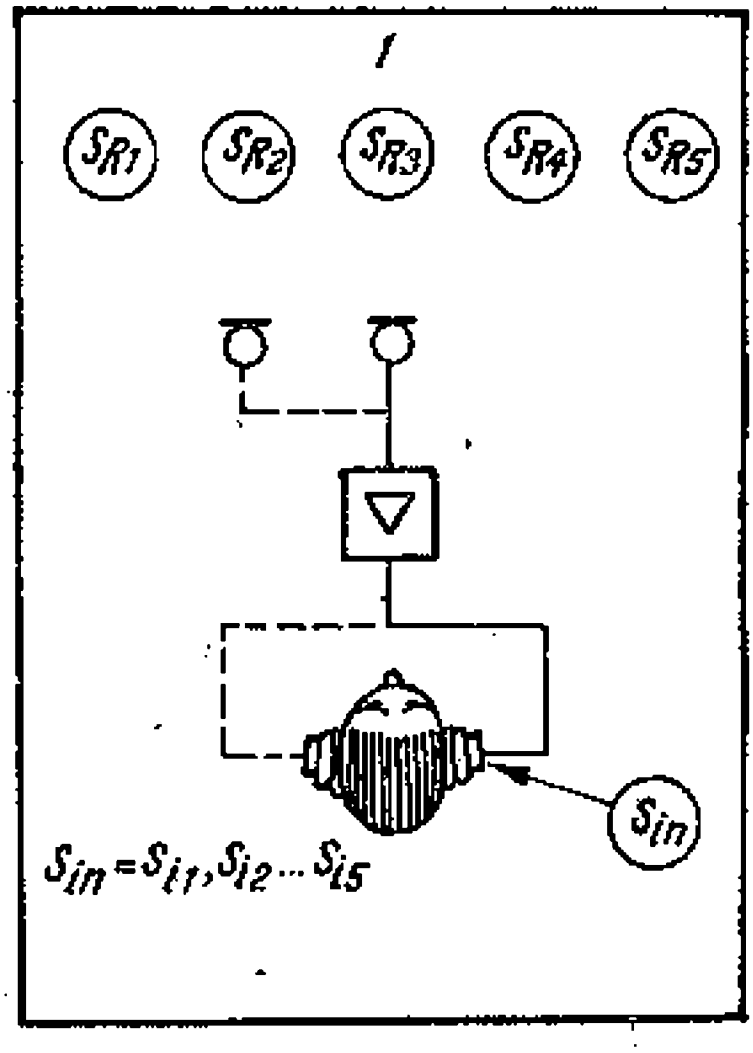


Fig. II.1. Procedeul de reproducere monoaural;
$S_{R1} \ldots S_{R5}$ — surse de sunet reale;
$S_{i1} \ldots S_{i5}$ — surse de sunet imaginare.

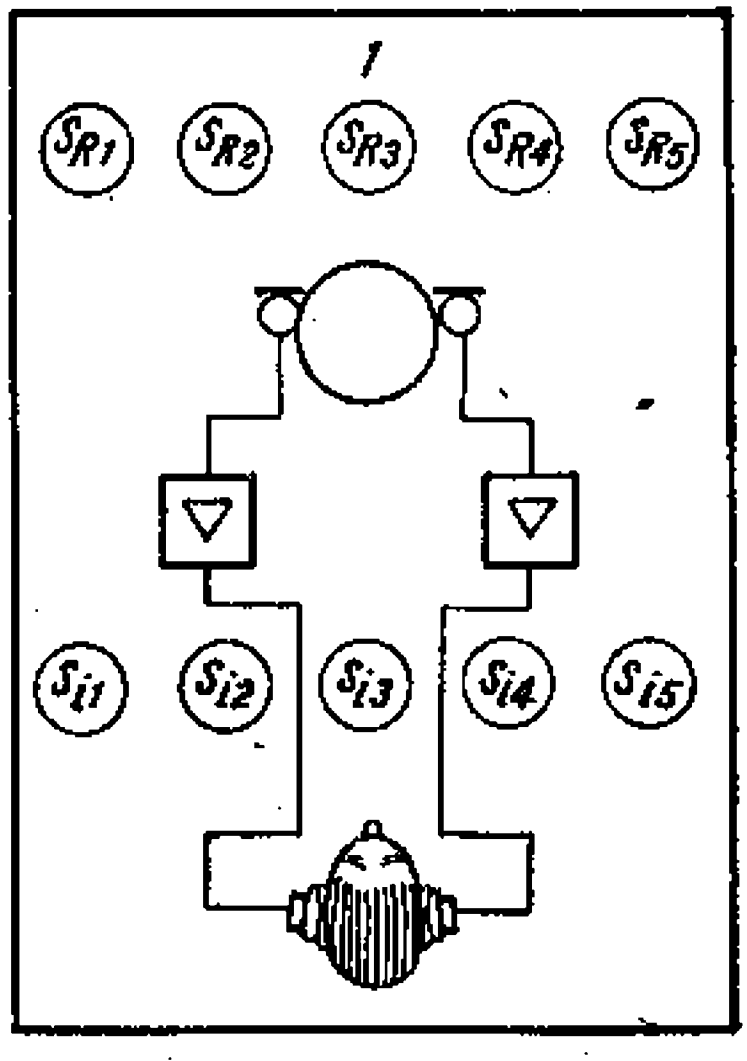


Fig. II.2. Procedeul de reproducere binaural:
$S_{R1} \ldots S_{R5}$ — surse de sunet reale;
$S_{i1} \ldots S_{i5}$ — surse de sunet imaginare.

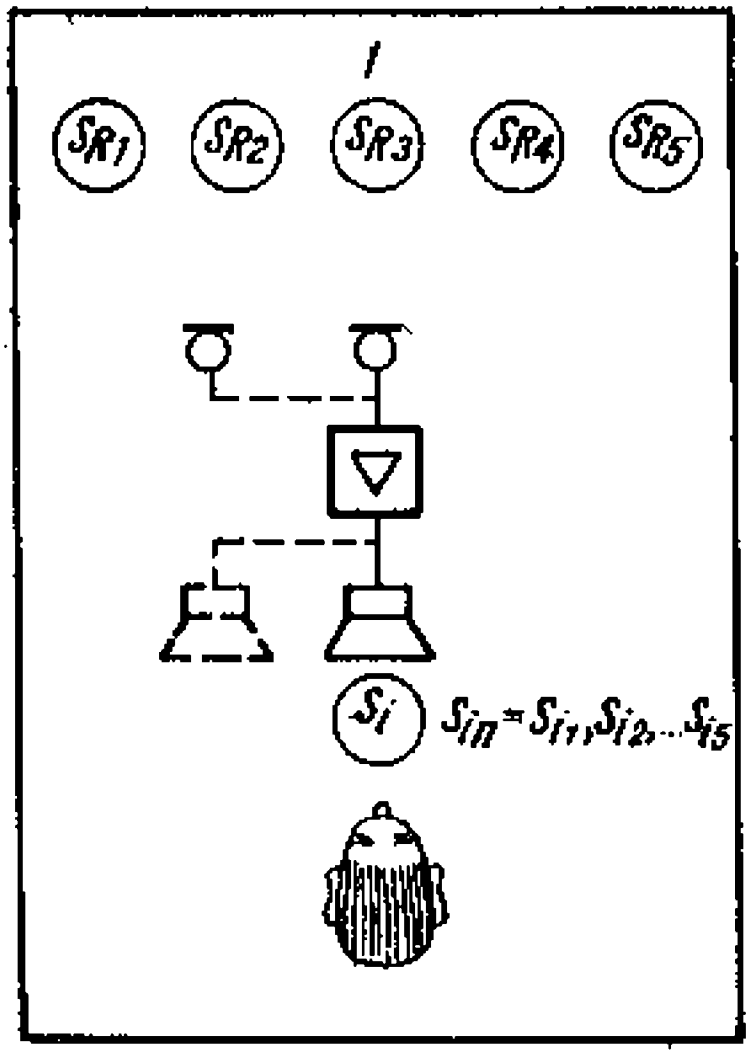


Fig. II.3. Procedeul de reproducere monofonic:
$S_{R1} \ldots S_{R5}$ — surse de sunet reale;
$S_{i1} \ldots S_{i5}$ — surse de sunet imaginare.

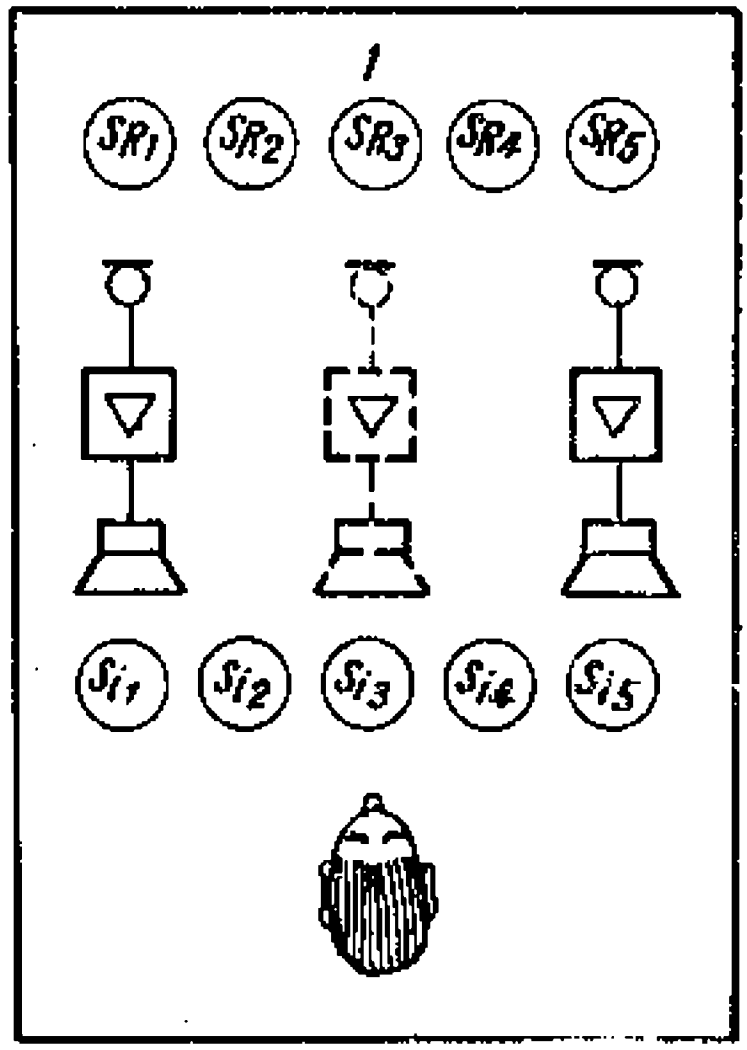


Fig. II.4. Procedeul de reproducere stereofonic:
$S_{R1} \ldots S_{R5}$ — surse de sunet reale;
$S_{i1} \ldots S_{i5}$ — surse de sunet imaginare.

tate fiecare în parte la un număr corespunzător de canale electroacustice independente, a căror ieșire este legată separat la același număr de difuzoare aranjate într-o dispoziție geometrică corespunzătoare cu aceea a microfoanelor (fig. II.4).

Procedeele de înregistrare și redare stereofonică a sunetului se pot grupa în două mari categorii:

1) Procedeul care permite reconstituirea frontului undei sonore în momentul redării, astfel încît acesta să fie asemănător cu frontul de undă care ar fi ajuns la urechile ascultătorului în cazul unei audiții directe. Acest procedeu se numește stereofonic cu front de undă sau multicanal.

2) Procedeul care permite crearea cu ajutorul a două difuzoare, la urechile ascultătorului, a unor presiuni acustice de amplitudini și faze asemănătoare cu cele rezultate în cazul audiției directe. Acest procedeu se numește stereofonic bicanal.

În afara acestor procedee stereofonice mai există un alt procedeu, numit „pseudostereofonic", care nu-și propune refacerea undei sonore, ci caută să creeze la redare impresia că sunetul vine spre ascultător din toate direcțiile. El poate fi aplicat oriunde se redă un sunet înregistrat pe un singur canal; prin urmare, este aplicabil atît la redarea oricărui disc sau benzi de magnetofon înregistrate monocanal, cît și în sălile de cinematograf sau în cele de spectacol care sînt prevăzute cu o instalație electroacustică de amplificare.

a. *Înregistrarea și reproducerea stereofonică cu mai multe canale*

Procedeul de înregistrare stereofonică cu mai multe canale implică folosirea mai multor microfoane distanțate între ele și conectate fiecare în parte la cîte un canal electroacustic. Teoretic, numărul acestor microfoane ar trebui să fie infinit, distribuția lor făcîndu-se atît în planul vertical, cît și în cel orizontal. Ținîndu-se seamă că organul auditiv prezintă o precizie de localizare în planul vertical mult mai mică decît în cel orizontal, s-a putut renunța — într-o primă etapă — la amplasarea microfoanelor în planul vertical. În această situație, este posibilă o bună localizare la reproducere a surselor sonore fictive numai în planul orizontal.

Prin distribuția într-un singur plan a microfoanelor, numărul canalelor electroacustice ar rămîne totuși destul de mare, astfel încît instalația electroacustică respectivă nu ar satisface din punct de vedere al costului, al ușurinței de realizare și de exploatare. De aici a rezultat necesitatea limitării ca număr a acestor canale. S-a observat că o linie de microfoane și difuzoare poate realiza în planul în care sînt amplasate, de obicei în cel orizontal, o impresie de spațiu mai mult decît satisfăcătoare.

Astfel, sistemele actuale de înregistrare stereofonică a sunetului pe film folosesc un număr de 3 pînă la 9 canale.

În fig. II.5 este reprezentată o schemă de înregistrare și transmisie stereofonică a sunetului cu trei canale. Dacă sursa de sunet este amplasată pe rînd într-una din cele 9 poziții marcate în camera de înregistrare (*a*...*i*), poziția sursei de sunet fictive corespunde cu destulă precizie poziției sursei sonore reale.

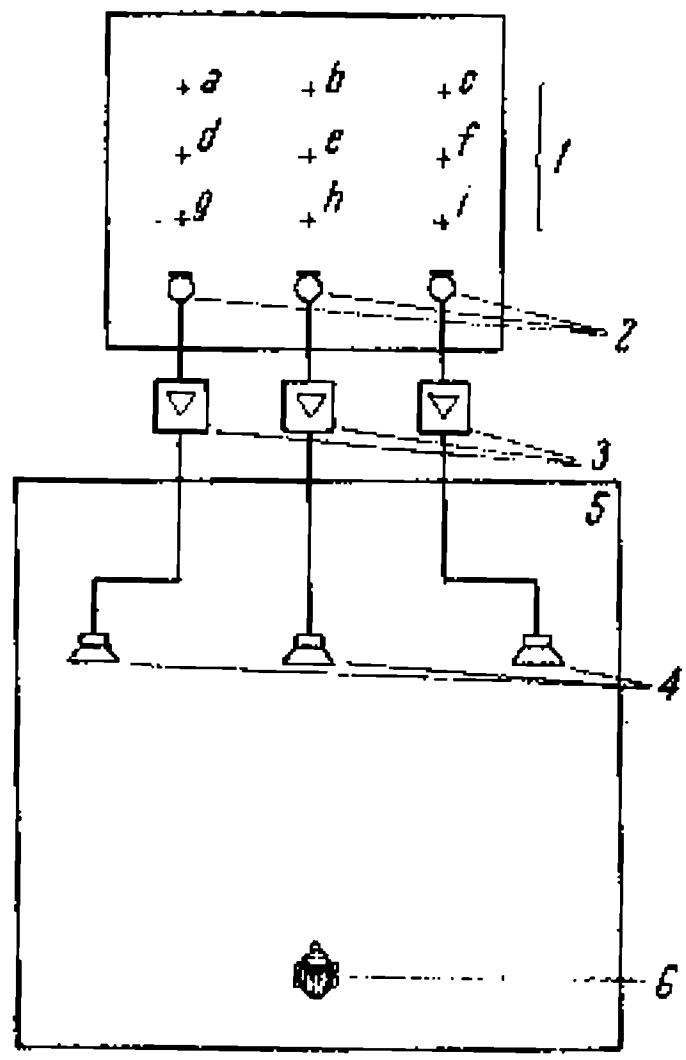


Fig. II.5. Schema de principiu a unei instalații stereofonice cu trei canale:

1 — camera de înregistrare; *2* — microfoane; *3* — amplificatoare; *4* — difuzoare; *5* — camera de ascultare; *6* — ascultător.

În ceea ce privește reproducerea, acest procedeu permite refacerea frontului de undă la urechile ascultătorului, întocmai ca în cazul audiției directe, cu condiția păstrării tuturor caracteristicilor tehnice, cum ar fi banda de frecvențe audio, factorul de distorsiuni etc.

Mijloacele electroacustice actuale au permis folosirea unor canale cu parametri de înaltă fidelitate care au contribuit în mod convenabil la îmbunătățirea calității redărilor. Din această cauză acest procedeu se mai folosește în sonorizarea sălilor. În urma unor experimentări s-a arătat că pentru obținerea unei bune localizări a sursei sonore în cazul utilizării procedeelor stereofonice cu mai multe canale este necesar ca distanța dintre difuzoare să fie mai mare decît distanța dintre microfoane. Acest lucru produce o deformare

a frontului de undă. Prin introducerea canalelor fantomă, care vor fi descrise în paragraful următor, numărul difuzoarelor crește aproape dublu și în felul acesta se îmbunătățește frontul de undă.

b. *Procedee de înregistrare și reproducere stereofonică cu două canale*

S-a arătat în paragraful precedent că reducerea canalelor stereofonice la un număr de 3 asigură la reproducere condițiile optime pentru o bună localizare a surselor de sunet fictive. Totuși acest procedeu de înregistrare — redare cu 3 canale — nu este avantajos în cazul radiodifuzării programelor muzicale și vorbite, al înregistrărilor pe discuri, al reproducerilor pentru amatori etc. Aceasta deoarece procedeul cu trei canale ar necesita, pe de o parte, un aparataj complex, iar pe de altă parte, tehnica de înregistrare și de transmisie a sunetului ar fi mai greu de realizat. Aceste considerente au condus la aplicarea pe scară largă a procedeului bicanal.

Diferitele variante ale procedeului bicanal sînt indicate în schema de mai jos.

- Procedeu bicanal
  - Cu microfoane distanțate (*A*, *B* — procedeul de intensitate și fază)
    - distanța între microfoane egală cu 20 cm (procedeul capului artificial)
    - distanța între microfoane mai mare de 20 cm (*A*, *B* cu microfoane distanțate)
  - Cu microfoane suprapuse (procedeul de intensitate)
    - *X*, *Y* microfoane cu caracteristici de directivitate identice
      - — caracteristici de directivitate în formă de cardioidă, decalate la 90°
      - — caracteristici de directivitate în formă de cardioidă, decalate la 180°
      - — caracteristici de directivitate în formă de opt, decalate la 90°
    - *M*, *S* microfoane cu caracteristici de directivitate diferite
      - — caracteristici de directivitate sferă — opt
      - — caracteristici de directivitate în formă de cardioidă — opt
      - — caracteristici de directivitate în formă de opt, decalate la 90°

Descrierea acestor variante se va face în paragrafele următoare.

Procedeul de înregistrare stereofonică A, B. Sub denumirea de *A*, *B* se înțelege procedeul de înregistrare care utilizează două microfoane situate la o distanță egală cu aceea dintre urechile unui ascultător (procedeul capului artificial), sau mai mare decît această distanță (procedeul *A*, *B* cu microfoane distanțate).

Datorită distanței dintre microfoane și caracteristicilor lor de directivitate apar diferențe de fază și de intensitate, de unde a rezultat denumirea de procedeu „de fază și intensitate".

Procedeul de înregistrare stereofonică A, B cu microfoane distanțate. Înregistrarea stereofonică prin intermediul acestui procedeu este condiționată de anumiți factori. Astfel, se pornește de la premiza că în camera în care se găsește sursa sonoră se poate determina un anumit loc, în care să existe condiții optime de ascultare. S-a constatat, după mai multe experiențe, că dacă s-ar uni acest loc cu limitele spațiale ale surselor de sunet, s-ar obține un unghi cu o valoare de aproximativ 40—50°. Este preferabil ca microfoanele să se amplaseze la jumătatea laturilor acestui unghi.

Condițiile pentru obținerea unei redări stereofonice optime sînt dependente de condițiile de înregistrare, existînd o influență a unora asupra celorlalte. Între distanța dintre difuzoare, denumită baza de redare, și distanța dintre microfoane, denumită baza de înregistrare, există o anumită relație care condiționează o transmisie stereofonică de calitate a sunetului. De asemenea, s-a constatat experimental că o bază de redare mult mai mare decît baza de înregistrare reduce foarte mult impresia de situare la centru a imaginii sonore. Rezultă necesitatea micșorării bazei de redare la o valoare apropiată de aceea a bazei de înregistrare. Astfel s-a stabilit o formulă (II.1) care arată dependența dintre baza de înregistrare (în cm) și unghiul sub care se vede baza de redare (în grade) și care se aplică în practica înregistrării stereofonice:

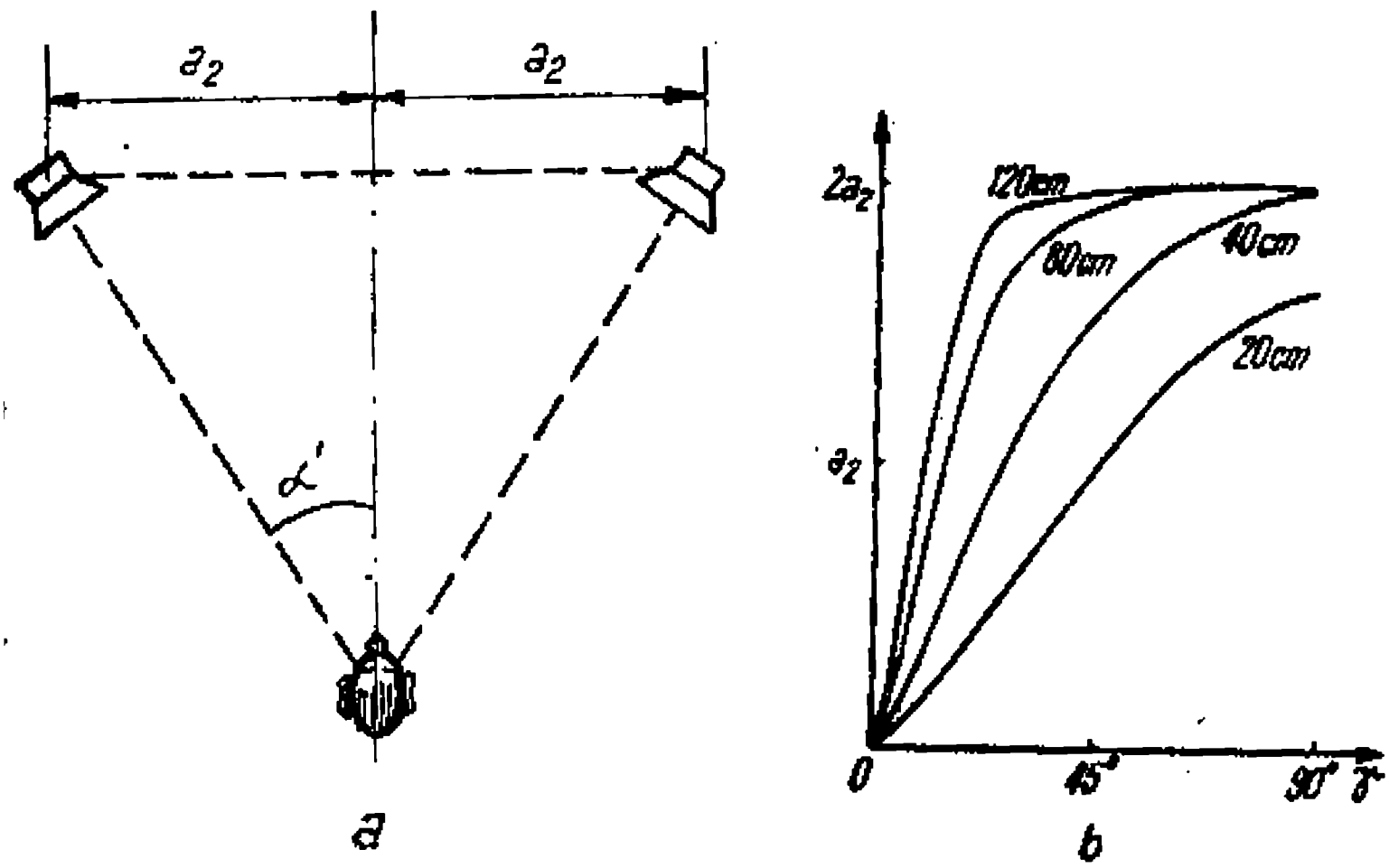
$$2a_1 \times 2\alpha' = 6\,000, \qquad \text{(II.1)}$$

în care: a_1 este distanța dintre un microfon și axa de simetrie a microfoanelor;

α' — unghiul dintre axa de simetrie a difuzoarelor și direcția sub care se vede un difuzor (fig. II.6, *a*).

Această relație aparține lui De Boer.

Pentru o distanță între difuzoare egală cu $2a_2$ se vede în fig. II.6, *b* modul de variație a poziției sursei de sunet fictive în funcție de unghiul γ (determinat de axa de simetrie a microfoanelor și de direcția în care se vede un microfon), parametrul fiind distanța dintre microfoane ($2a_1 = 20$ cm; 40 cm; 80 cm; 120 cm).



a *b*

Fig. II.6 Procedeul de înregistrare *A*, *B* cu microfoane distanțate: *a* — amplasarea dispozitivelor de ascultare și a ascultătorului; *b* — variația poziției sursei de sunet fictive în funcție de unghiul γ.

Cunoașterea interdependenței dintre baza de înregistrare și cea de redare nu este totuși suficientă pentru îndepărtarea inconvenientelor ce apar în cazul procedeului de înregistrare *A*, *B*. Aceste inconveniente, cum ar fi senzația de lateralitate pronunțată (imaginea sonoră trece brusc dintr-o parte într-alta) și senzația de „retragere" a sursei sonore fictive, aduc prejudicii calității unor astfel de înregistrări stereofonice.

Specialiștii sovietici I. S. Vahitov și V. S. Mankovski au studiat aceste fenomene care apar în cazul utilizării procedeului *A*, *B*, indicînd și metodele de înlăturare a acestora.

Studiul întreprins în acest scop a permis stabilirea unor relații matematice care condiționează variația parametrilor de la redare în funcție de cei de la înregistrare. Respectarea acestor condiții asigură obținerea unor imagini ale surselor de sunet care să corespundă atît ca poziție, cît și ca deplasare cu cele din realitate.

Parametrii care intervin la înregistrare sînt indicați în fig. II.7, iar cei de la redare, în fig. II.8.

Rezultatele studiului s-au concretizat în stabilirea formei optime pentru caracteristicile de directivitate ale microfoanelor astfel încît să fie reduse la minimum efectele neplă-

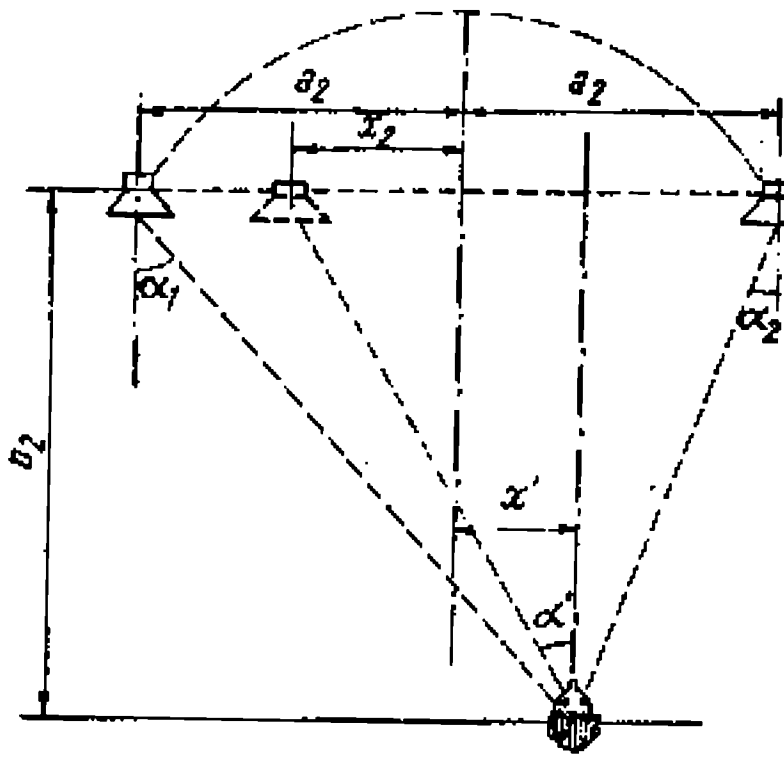


Fig. II.7. Parametrii care intervin la reproducerea stereofonică.

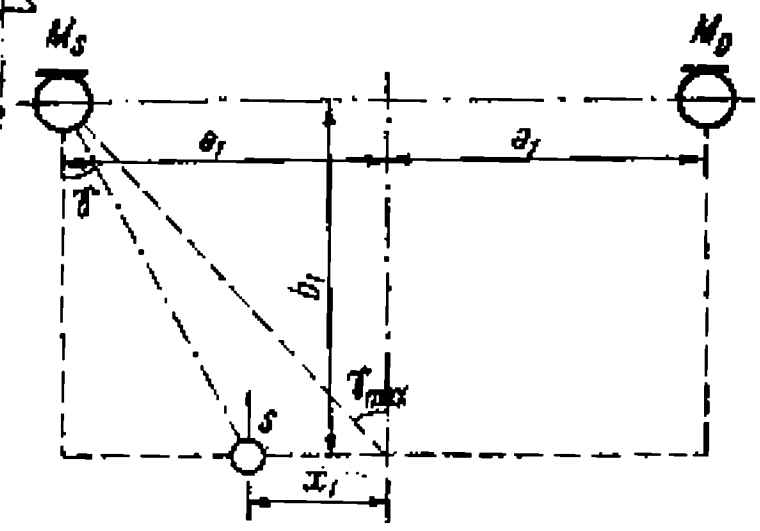


Fig. II.8. Parametrii care intervin la înregistrarea stereofonică.

cute de lateralitate și retragere a surselor de sunet imaginare. Aceste caracteristici de directivitate arătate în fig. II.9 și II.10 au fost trasate pentru diferite valori ale raportului $\frac{a_1}{b_1}$.

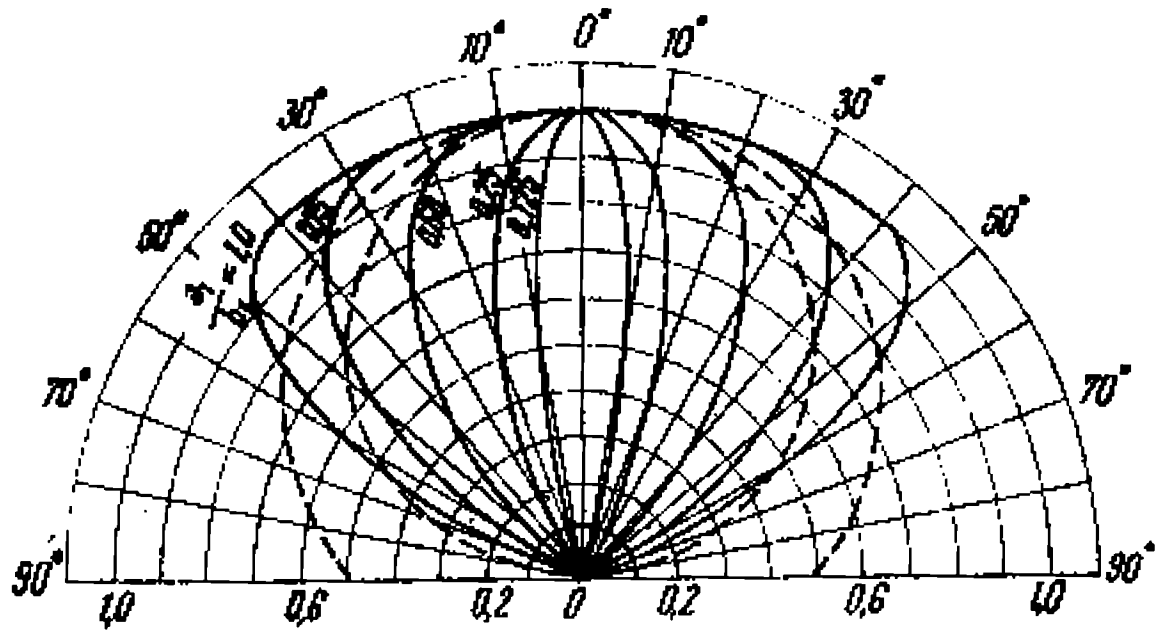


Fig. II.9. Caracteristicile de directivitate ale microfoanelor pentru un raport $\frac{a}{b} \ll 1$.

În fig. II.9 sînt reprezentate caracteristicile de directivitate corespunzătoare unor rapoarte $\frac{a_1}{b_1} < 1$.

Cînd sursa este situată în apropierea liniei microfoanelor, adîcă pentru un raport $\frac{a_1}{b_1} > 1$, este indicată utilizarea unor caracteristici cum sînt cele din fig. II.10.

Trebuie remarcat faptul că un sistem cu două canale necesită folosirea unor caracteristici ca acelea din fig. II.10,

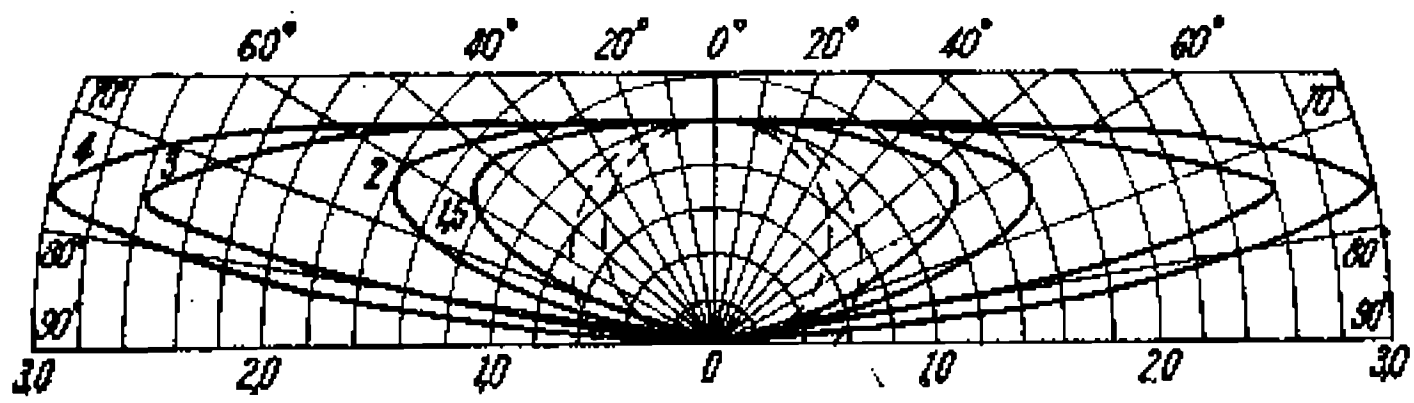


Fig. II.10. Caracteristicile de directivitate cinetice ale microfoanelor pentru un raport $\frac{a}{b} > 1$.

pe cînd pentru o înregistrare cu mai multe canale, de exemplu cu minimum 3, raportul $\frac{a_1}{b_1}$ este de obicei mai mic decît unitatea.

În aceste două figuri (fig. II.9 și II.10) sînt trasate punctat (pentru a putea fi comparate) și caracteristicile de directivitate în formă de opt, și cele în formă de cardioidă. Se observă că nici una dintre aceste două categorii de caracteristici nu coincide cu cele rezultate din calcul, doar cea în formă de opt se aseamănă într-o oarecare măsură cu caracteristicile de directivitate necesare, și anume pentru un raport $\frac{a_1}{b_1}$ mare.

Această observație a permis obținerea unor rezultate suficient de bune pentru înregistrări stereofonice cu microfoane cu caracteristică de directivitate în formă de opt. S-a obținut un efect de „retragere" a sursei de sunet fictive corespunzătoare unei atenuări de 3—4 dB și o precizie a localizării sursei de sunet fictive de 10–20% din unghiul total.

Experiențele de înregistrare stereofonică a sunetului cu ajutorul microfoanelor cu caracteristică de directivitate în formă de cardioidă orientate în mod asemănător cu cele în formă de opt au dat rezultate ceva mai slabe. Astfel, efectul de „retragere" al sursei de sunet fictive corespunde unei atenuări de aproximativ 5 dB. Precizia de localizare a sursei de sunet fictive este mai mare de 20%.

Concluziile care rezultă sînt următoarele:

— caracteristicile de directivitate ale microfoanelor se vor alege în funcţie de distanţa dintre microfoane şi distanţa dintre linia microfoanelor şi planul în care se deplasează sursa sonoră;

— este necesar să existe posibilitatea reglării acestor caracteristici de directivitate în funcţie de distanţele arătate anterior.

Procedeul cu capul artificial. Un caz particular al procedeului de înregistrare A, B este acela care foloseşte capul artificial. El constă în utilizarea unei sfere cu diametrul cuprins între 12 şi 22 cm, la capetele unuia dintre diametrele sale fiind dispuse microfoanele. Este normal, deci, ca în faţa acestor microfoane să apară între undele sonore diferenţe de timp şi de intensitate.

Spre deosebire de procedeul anterior distanţa între microfoane fiind relativ mică, diferenţele de timp vor fi şi ele mai mici şi mai apropiate ca valoare de cele pe care le găsim în cazul auzului binaural.

Procedeul capului artificial dă rezultate optime în cazul unor redări binaurale (cu căştile telefonice). Deoarece folosirea căştilor este incomodă pentru ascultător şi, în plus, prezintă dezavantajul că o dată cu rotirea capului se produce o rotire corespunzătoare a ansamblului surselor de sunet fictive, acest procedeu nu este utilizat în mod curent.

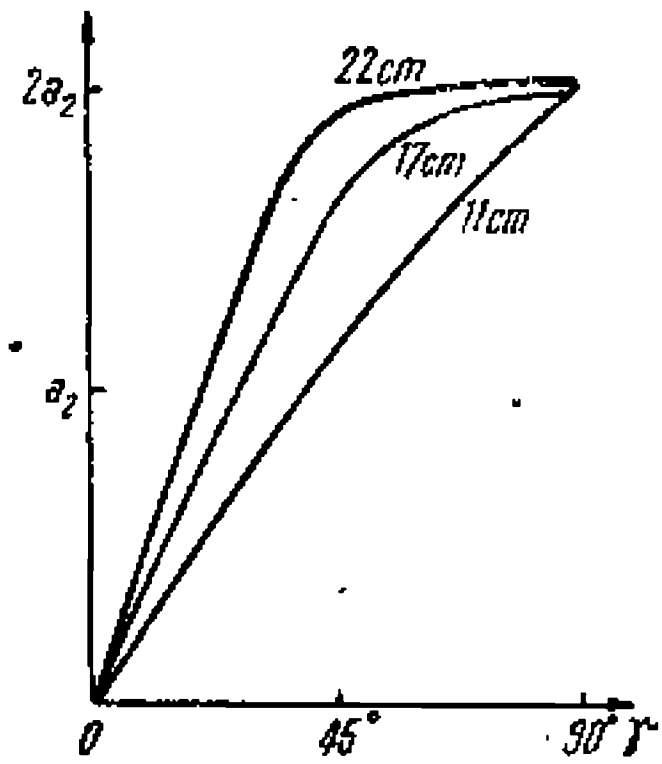


Fig. II.11. Variaţia poziţiei sursei de sunet fictive în funcţie de variaţia poziţiei sursei de sunet reale, pentru diferite diametre ale capului artificial.

Asupra acestui procedeu s-au făcut o serie de studii şi s-a stabilit, ca şi în cazul procedeului A, B, cu microfoane distanţate, o corelaţie între diametrul capului artificial şi unghiul sub care urmează a fi redată imaginea sonoră. Anume:

$$2R\,[\text{cm}] \times 2\alpha'\,[\text{grade}] = 2000. \quad \text{(II.2}$$

Legătura dintre aceste mărimi este de altfel reprezentată în fig. II.11.

Pe această figură se observă variaţia poziţiei surse sonore fictive în funcţie de unghiul γ, parametrul fiind

diametrul capului artificial. Este necesar să fie menționat cazul cînd diametrul capului artificial este de 22 cm, în această situație existînd o relație liniară între unghiul γ (de la înregistrare) și unghiul θ (de la redare). Această liniaritate este valabilă pentru valori ale lui $\gamma \leqslant 45°$.

Procedeul capului artificial, ca și procedeul A, B în general, prezintă inconvenientul de a nu permite realizarea unor înregistrări stereofonice de calitate și nici transpunerea acestora ca înregistrări monofonice.

Într-adevăr, dacă s-ar utiliza numai unul dintre cele două canale pentru obținerea unei înregistrări monofonice, producția sonoră astfel realizată nu ar avea calitățile unei înregistrări monofonice corecte. Cele două microfoane amplasate pentru o înregistrare stereofonică A, B nu valorifică, de exemplu, în mod egal întregul spectru sonor (dacă ne referim în special la armonicele sale de frecvență înaltă) și nici nu redau raportul real de intensități ale surselor de sunet distribuite în spațiu.

Cealaltă soluție care ar putea fi propusă, aceea de a reda pe un singur canal suma celor două canale A și B, ar prezenta dezavantajul că diferențele de timp pe care le-au avut undele sonore ajunse în dreptul fiecărui microfon ar înrăutăți calitatea audiției. Astfel, dacă sursa nu se află într-un plan de simetrie al microfoanelor, diferența de timp ar fi pusă în evidență în mod neplăcut, în special la impulsuri, afectînd astfel calitatea înregistrării.

Așadar, procedeul de înregistrare A, B nu satisface condițiile așa-numitei compatibilități; această compatibilitate poate fi definită ca posibilitatea de a obține un semnal monofonic prin însumarea unor informații separate provenite de la o înregistrare sau redare stereofonică cu asigurarea condițiilor de calitate artistică și tehnică.

Nesatisfacerea condițiilor de compatibilitate a făcut necesară studierea unui alt procedeu de transmisie stereofonică. Procedeul care dă rezultate satisfăcătoare din acest punct de vedere este acela denumit „de intensitate", cu cele două variante ale sale X, Y și M, S.

Procedee de înregistrare stereofonică bazate pe diferența de intensitate. La aceste procedee se folosesc numai diferențele de intensitate datorite formei caracteristicilor de directivitate ale microfoanelor și a orientării acestora, evitîndu-se posibilitatea unei apariții de diferențe de timp care ar rezulta în distanțarea microfoanelor. Acest lucru este posibil prin

așezarea suprapusă a celor două microfoane. În principiu procedeul constă atît în alegerea corespunzătoare a formei caracteristicilor de directivitate, cît și în orientarea microfoanelor astel încît fiecare dintre acestea să capteze sunetul dintr-o anumită direcție.

— Procedeul bazat pe diferența de intensitate permite o mai mare libertate în amplasarea microfoanelor și rezolvă problema compatibilității. Într-adevăr, în lipsa unei diferențe de timp între sosirea fronturilor de undă la microfoane, tensiunea rezultantă a celor două microfoane poate fi redată direct pe un singur canal. Suma tensiunilor electrice produse de cele două microfoane este echivalentă cu tensiunea electrică produsă de un singur microfon, caracteristica de directivitate a microfonului echivalent obținîndu-se din însumarea vectorială a celor două caracteristici individuale.

După cum s-a mai arătat, procedeul bazat pe diferența de intensitate are două variante : varianta *X*, *Y* și varianta *M*, *S*. În cele ce urmează se va face o prezentare a principiului care stă la baza acestor procedee de înregistrare stereofonică.

Procedeul X, Y. La acest procedeu sînt folosite microfoane cu caracteristici de directivitate identice. Amplasarea acestora se face în așa fel încît să permită captarea în condiții optime a totalității surselor de sunet.

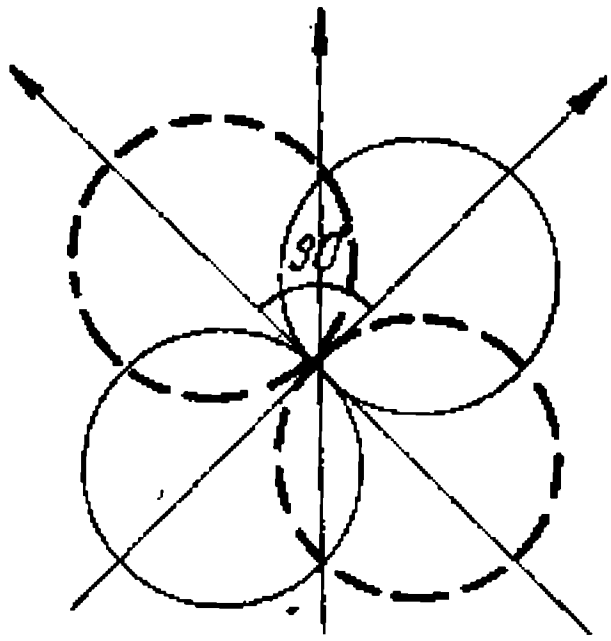


Fig. II.12. Procedeul *X*, *Y*. Microfoane cu caracteristici de directivitate în formă de opt decalate la 90°.

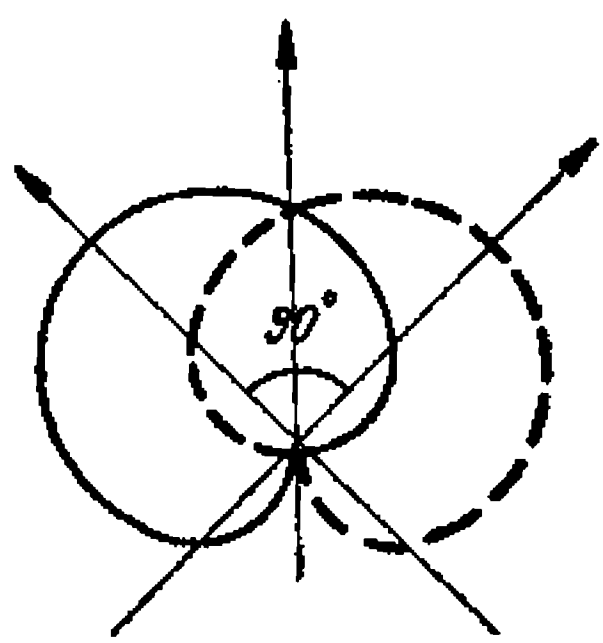


Fig. II.13. Procedeul *X*, *Y*. Microfoane cu caracteristici de directivitate în formă de cardioidă decalate la 90°.

În fig. II.12 sînt reprezentate caracteristicile de directivitate ale unui microfon stereofonic, compus din două microfoane avînd caracteristici în formă de opt, decalate la 90°. Cu linie continuă este trasată caracteristica microfonului din dreapta, iar cu linie întreruptă, cea a microfonului din stînga

În fig. II.13 sînt reprezentate caracteristicile de directivitate ale unui microfon stereofonic, realizat cu două microfoane cu caracteristici în formă de cardioidă, decalate la 90°. Linia continuă corespunde microfonului din stînga și cea întreruptă, microfonului din dreapta. În fig. II.14 este indicat un caz similar cu cel din fig. II.13, cu deosebirea că cele două caracteristici sînt în formă de cardioidă decalate cu 180°.

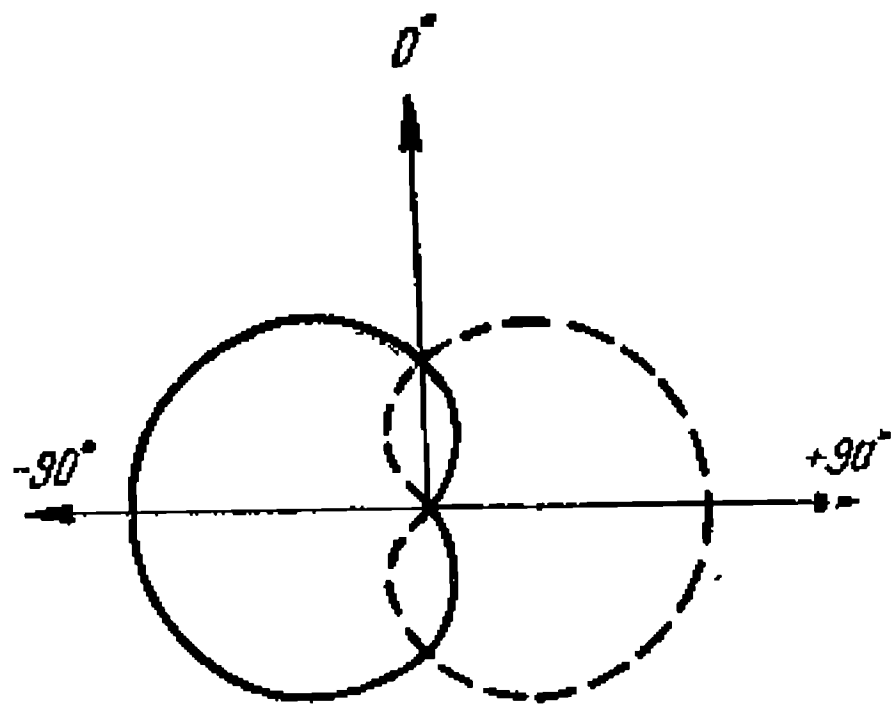


Fig. II.14. Procedeul *X*, *Y*. Microfoane cu caracteristici de directivitate în formă de cardioidă decalate la 180°.

Se consideră cazurile reprezentate în fig. II.12 și II.13 cînd o sursă sonoră se află în direcția unui unghi γ față de axa de simetrie a microfoanelor.

În funcție de valoarea unghiului γ și de forma caracteristicilor de directivitate ale acestora, se poate reprezenta variația diferenței de intensitate dintre cele două canale.

Astfel, în fig. II.15 este arătată această variație în cele două cazuri:

— cu linie continuă *a*, pentru cazul folosirii unor microfoane cu caracteristică în formă de opt;

— cu linie întreruptă *b*, în cazul folosirii unor microfoane cu caracteristică în formă de cardioidă.

În funcție de diferența de timp dintre cele două semnale rezultante obținute la cele două urechi și în funcție de forma caracteristicilor de

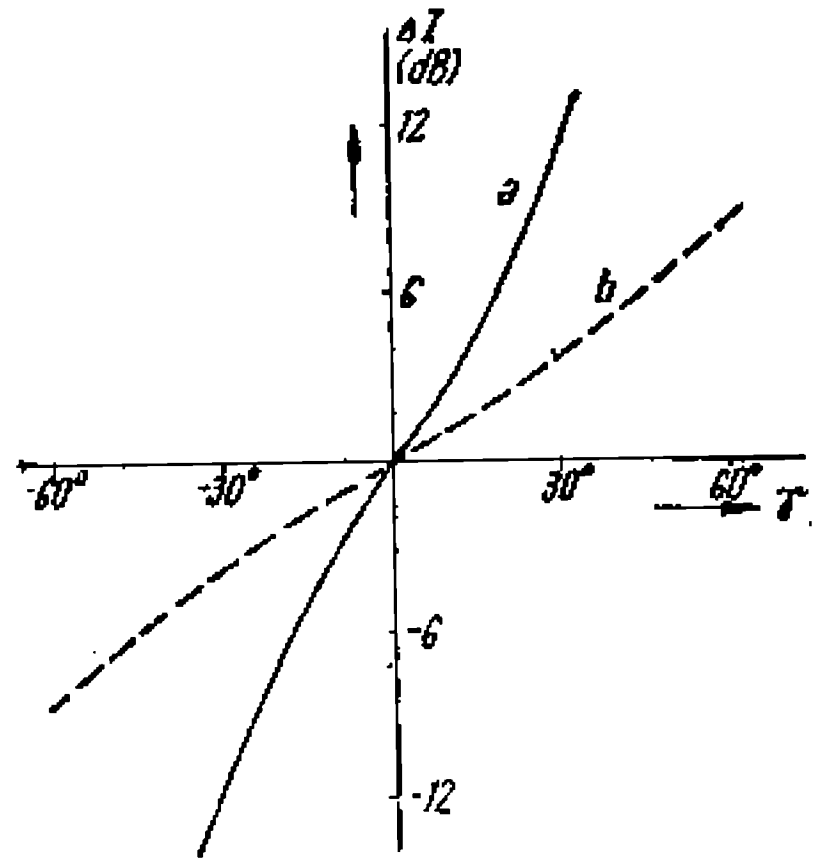


Fig. II.15. Variația diferenței de intensitate între cele două canale stereofonice în funcție de unghiul γ:

a — microfon stereofonic cu caracteristici de directivitate în formă de opt; *b* — microfon stereofonic cu caracteristici de directivitate în formă de cardioidă.

directivitate ale microfoanelor, s-au găsit și relațiile care leagă unghiul γ de unghiul α.

Pentru microfoane cu caracteristici de directivitate în formă de opt relația este de forma :

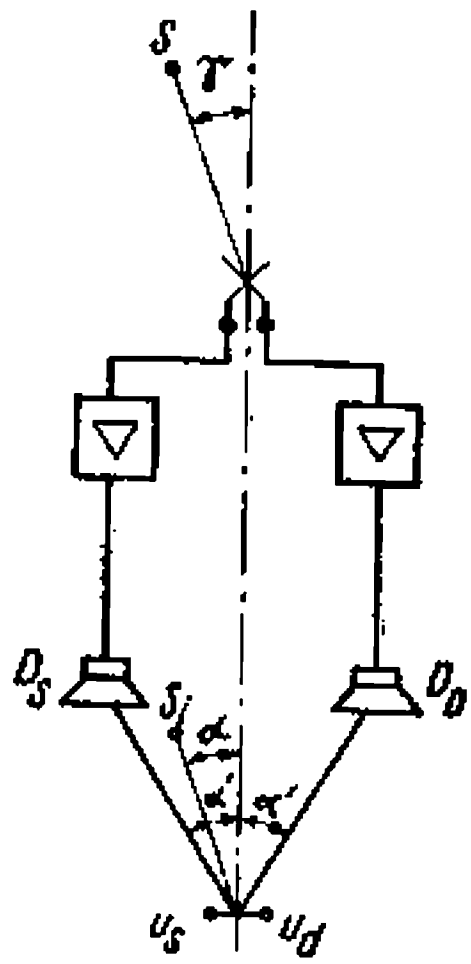
$$\sin \alpha = \sin \alpha' \operatorname{tg} \gamma, \qquad \text{(II.3)}$$

iar pentru caracteristici de directivitate în formă de cardioidă :

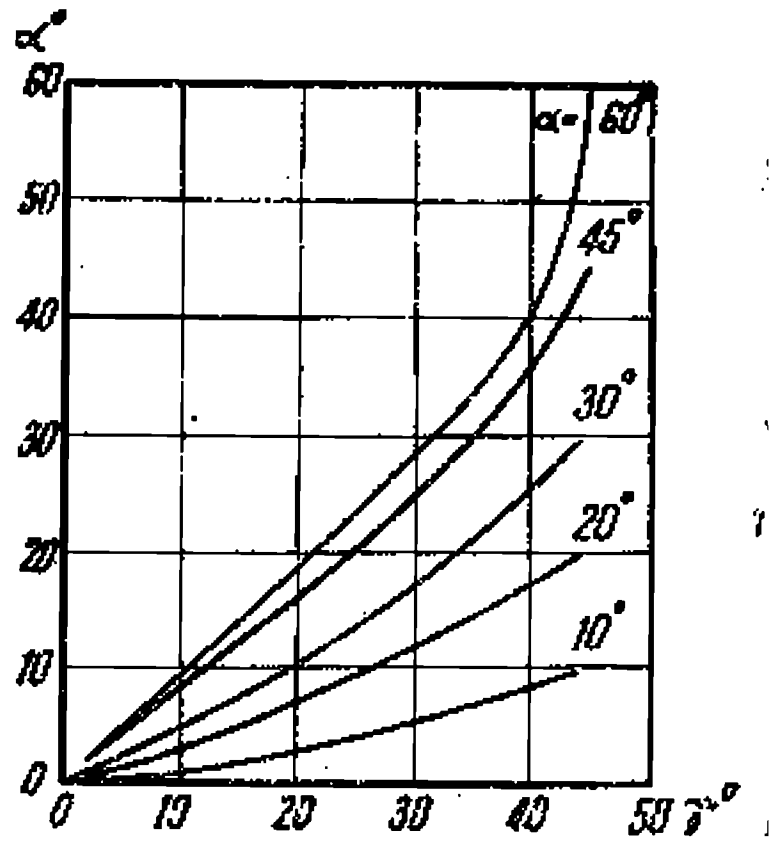
$$\sin \alpha = \frac{\sin \gamma}{\cos \gamma + \sqrt{2}} \sin \alpha'. \qquad \text{(II.4)}$$

Ambele relații sînt reprezentate grafic în fig. II.16, *b*, și II.17. Caracteristicile au fost ridicate cu ajutorul instalației a cărei schemă de principiu este reprezentată în fig. II.16, *a*.

Din fig. II.16, *b*, rezultă că în cazul folosirii unui microfon stereofonic cu caracteristici de directivitate în formă de



a



b

Fig. II.16. Variația unghiului α în funcție de unghiul γ pentru microfoane stereofonice cu caracteristici de directivitate în formă de opt decalate la 90° : *a* — schema de principiu a instalației pentru ridicarea caracteristicii de directivitate în formă de opt a microfoanelor stereofonice; *b* — curba de variație a unghiului α în funcție de γ.

opt, decalate la 90°, există o dependență liniară între cele două unghiuri pînă la valori ale unghiului γ apropiate de 45°. Această liniaritate arată că distribuția surselor de sunet imaginare corespunde cu distribuția surselor reale.

În fig. II.17 este reprezentată variația unghiului α în funcție de γ pentru microfoane cu caracteristica de directivitate în formă de cardioidă. Și în acest caz există o liniaritate, însă, spre deosebire de situația precedentă, aici se observă că la unghiuri γ mari (microfonul apropiat de sursele sonore) corespund unghiuri α mici (sursa de sunet pare îndepărtată).

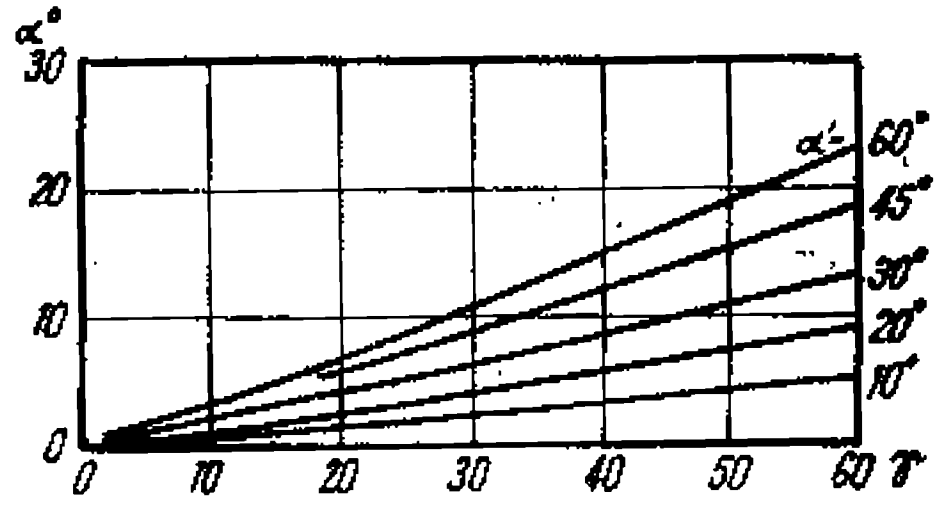


Fig. II.17. Variația unghiului α în funcție de unghiul γ pentru microfoane stereofonice cu caracteristici de directivitate în formă de cardioidă decalate la 90°

Procedeul M, S. Procedeul de înregistrare stereofonică *M, S* se bazează pe principiul folosirii a două microfoane cu caracteristici de directivitate de obicei diferite. Unul dintre cele două microfoane este dirijat în direcția principală de captare a sursei de sunet, el dînd o informație asemănătoare unui microfon destinat înregistrării monofonice. Acesta este așa-numitul semnal de mijloc sau semnalul *M* (die Mitte = centru). Cel de-al doilea microfon are axa de simetrie a caracteristicii sale de directivitate perpendiculară pe a primului microfon și dă o informație suplimentară de la părțile laterale ale sursei de sunet. Acesta este semnalul *S* (die Seite = latura).

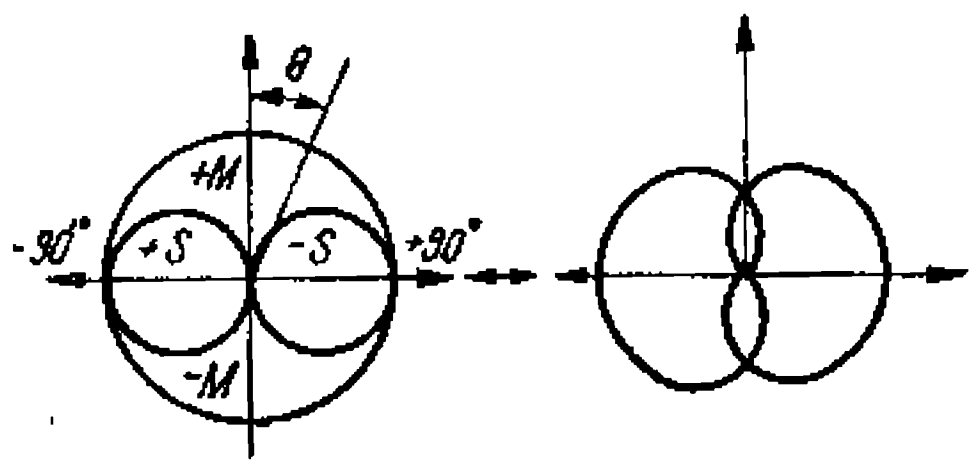


Fig. II.18. Echivalența între procedeul *M, S* și *X, Y*.

Trebuie remarcat că făcînd suma și diferența tensiunilor electrice date de cele două microfoane se obțin caracteristicile de directivitate stînga — dreapta echivalente pentru procedeul de înregistrare stereofonică *X, Y*. În fig. II.18, II.19 și II.20 este arătată această echivalență. Astfel, în fig. II.18 se poate observa că unor caracteristici în formă de sferă-opt, utilizate la procedeul *M, S*, le corespund două caracteristici în formă de cardioidă, decalate cu 180°, folosite

la procedeul X, Y. De asemenea, unor caracteristici în formă de opt-cardioidă, decalate la 90°, utilizate la procedeul M, S, le corespund două caracteristici în formă de cardioidă, decalate la 90°, folosite în procedeul X, Y (fig. II.19). În sfîrşit se observă, în fig. II.20, că două caracteristici în formă de opt, decalate la 90° (procedeul M, S), sînt echivalente pentru procedeul X, Y cu două caracteristici în formă de opt, decalate la 90°, însă rotite faţă de primele cu 45°. Se observă, deci, că fiecărei combinaţii de caracteristici de directivitate utilizate într-un procedeu îi corespund combinaţii echivalente specifice celuilalt procedeu. Astfel, luînd, de exemplu, cazul indicat în fig. II.20, se observă că există următoarele relaţii:

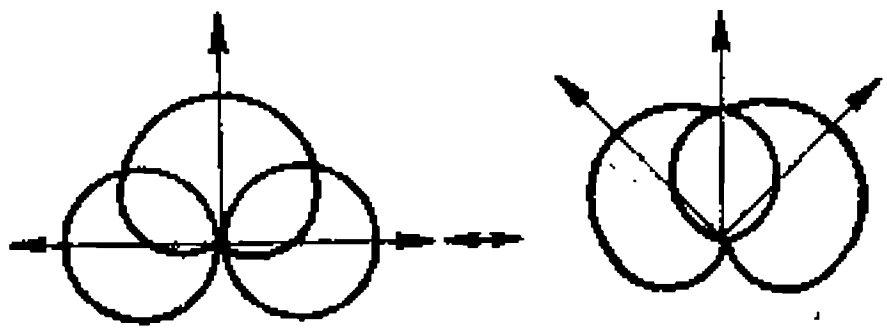


Fig. II.19. Echivalenţa între procedeul M, S şi X, Y.

$$M + S = 2\ X \text{ şi } M - S = 2\ Y, \qquad \text{(II.5)}$$

Acelaşi lucru este valabil pentru caracteristicile reprezentate în fig. II.18 şi II.19.

Din cele de mai sus rezultă că pentru o transmisie sau înregistrare monofonică este suficient (cel puţin din punctul de vedere al conţinutului) să se utilizeze semnalul M, care corespunde impresiei de centru, pe cînd pentru o transmisie stereofonică vor fi luate în consideraţie ambele semnale M şi S. De asemenea, semnalele X şi Y pot fi transformate în semnale M şi S:

$$\begin{aligned} X + Y &= M; \\ X - Y &= S. \end{aligned} \qquad \text{(II.6)}$$

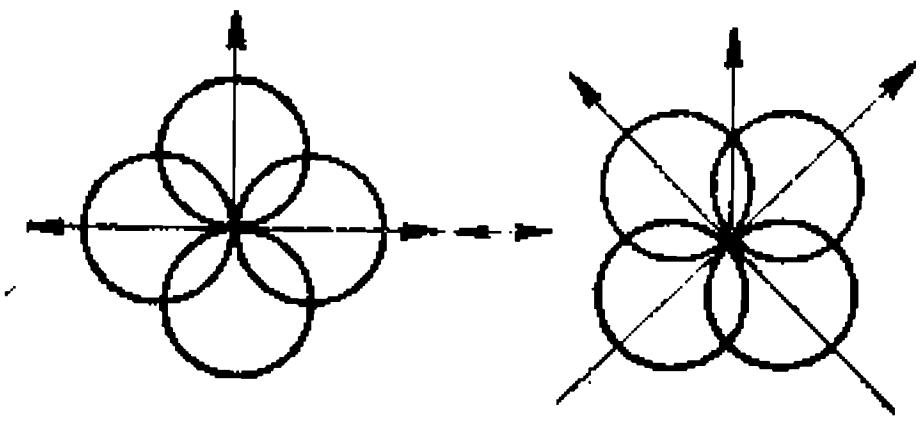


Fig. II.20. Echivalenţa între procedeul M, S şi X, Y.

Aşa cum s-a arătat, prin procedeul M, S se obţine direct informaţia de centru fără a mai fi nevoie de a se introduce un element special în lanţul electroacustic. Condiţia de compatibilitate este deci îndeplinită şi aceasta a permis utilizarea frecventă a acestui procedeu pentru obţinerea atît a unor înregistrări de calitate stereofonice, cît şi a celor monofonice.

Acest lucru este valabil într-o oarecare măsură și pentru procedeul *X*, *Y*. Într-adevăr, prin intermediul unor circuite electrice speciale care însumează și scad semnalele electrice, este posibilă trecerea de la componentele *X*, *Y* la componentele *M*, *S*. Refacerea informației de centru *M* arată că și acest procedeu asigură compatibilitatea.

Procedeul *X*, *Y* permite utilizarea la captarea sunetului a microfoanelor monofonice împreună cu cele stereofonice.

Procedee de reproducere stereofonică a sunetului cu două canale. Cel mai simplu procedeu de reproducere stereofonică folosește două canale de amplificare independente și două dispozitive de ascultare corespunzătoare acestor canale, dînd posibilitate ascultătorului să perceapă sursele de sunet fictive desfășurate atît lateral, cît și în adîncime.

Factorii care determină localizarea corectă la reproducere a surselor de sunet fictive, sînt faza și intensitatea fronturilor de undă sonoră ajunse la ascultător. O experienţă simplă va arăta influenţa fazei şi intensităţii asupra localizării sunetului în cazul reproducerii cu două canale. Astfel, se așază în fața unui ascultător două difuzoare *A* și *B* distanțate între ele cu 2,5 — 3,5 m. La intrarea amplificatoarelor de putere se introduce același semnal electric. Ascultătorul va avea impresia că sunetul sosește dintr-un punct situat la mijlocul distanţei dintre cele două difuzoare. Unul din semnale va fi întîrziat cu un dispozitiv oarecare, obținîndu-se în acest fel o deplasare a sursei de sunet fictive. Pentru a crea impresia că sunetul sosește din direcţia precizată anterior, este necesar să se varieze raportul tensiunilor de intrare ale amplificatoarelor de putere ale celor două difuzoare. Legătura dintre intensitatea sonoră şi faza care produce aceeași deplasare a sursei de sunet fictive este ilustrată în fig. II.21.

Așa cum s-a mai arătat, se observă că atunci cînd intensităţile și fazele sunetelor emise de cele două difuzoare sînt identice, sursa pare a fi situată la mijlocul distanţei dintre ele. Dacă intensitatea sunetelor pe care le percepe ascultătorul de la fiecare difuzor rămîne aceeași însă este variată faza unei tensiuni de ieșire, de exemplu cea corespunzătoare difuzorului *A*, atunci imaginea obţinută se deplasează spre difuzorul *B*. De asemenea, se obţine o modificare a poziţiei sursei fictive de sunet și în cazul în care se menţine faza egală la cele două difuzoare şi se variază numai intensitatea sonoră a unuia dintre acestea. O micșorare a intensităţii sonore date de

difuzorul *A* va muta imaginea spre difuzorul *B*. Deci gradînd intensitatea sau faza semnalelor electrice ale celor două canale, se pot distribui sursele sonore în intervalul de la mijlocul distanței dintre difuzoare pînă la unul dintre ele.

Senzația de adîncime este determinată în cazul redărilor stereofonice de mai mulți factori. Unii dintre aceștia sînt

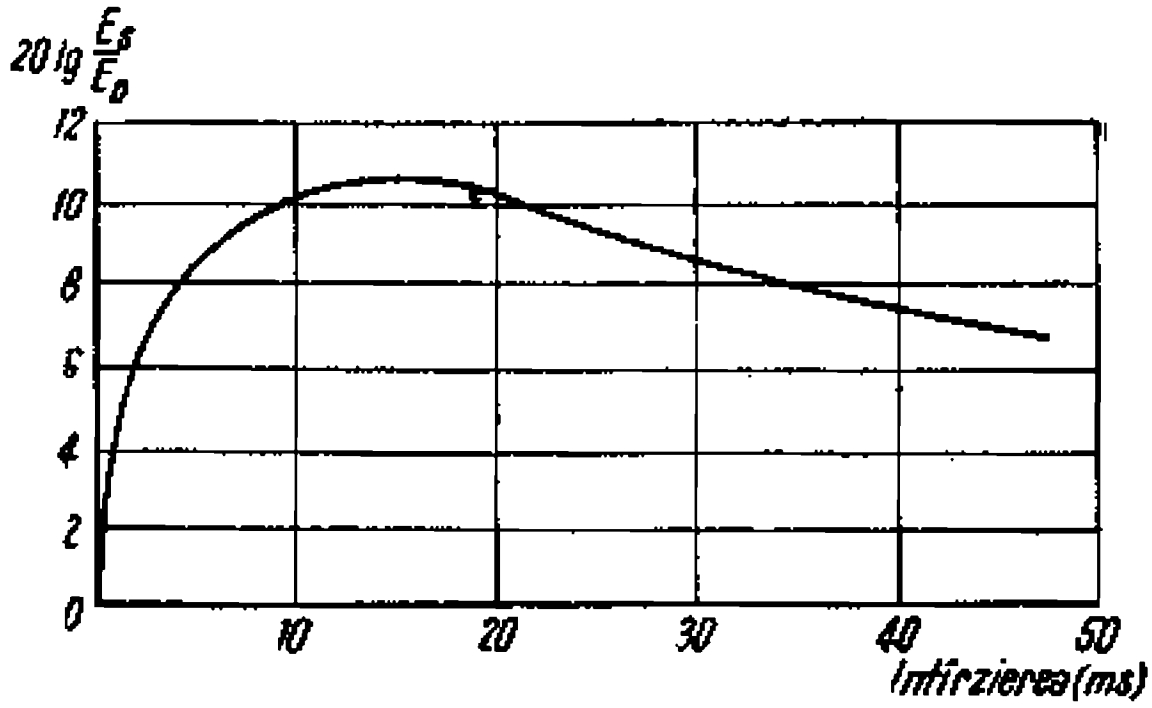


Fig. II.21. Variația raportului tensiunilor de intrare în funcție de întîrzierea introdusă unui canal.

faza fronturilor de undă sonoră sosite de la două surse distanțate în adîncime, intensitatea lor, caracteristica de frecvență a surselor sonore, reverberația încăperii.

Un factor care influențează de asemenea redarea stereofonică este caracteristica de frecvență. Experiențele efectuate au dus la concluzia că este necesară reproducerea tuturor componentelor de audiofrecvență. Gama de frecvențe limitată are un efect nefavorabil asupra realizării impresiei de spațialitate și de distanță a imaginii stereofonice.

În cele ce urmează se analizează felul în care este percepută poziția imaginii sonore pentru sistemul pe două canale.

Instalația de experimentare este cea descrisă anterior, permițînd reconstituirea la urechile ascultătorului a unor presiuni sonore asemănătoare cu cele care s-ar fi obținut prin ascultare directă și reproducerea cît mai corectă a caracteristicii de frecvență.

Ținînd seama că există o corespondență între diferența de nivel a intensităților sonore ale celor două difuzoare și poziția imaginii sonore, s-a căutat să se stabilească o relație între aceste două mărimi pentru fiecare poziție a ascultăto-

rului. Dispozitivul utilizat pentru experimentare este arătat în fig. II.22, *a*. Ascultătorii au fost plasați în cele 12 puncte indicate în fig. II.22, *b*, aceștia determinînd poziția imaginii sonore pentru anumite diferențe de nivel de intensitate sonoră N dintre cele două difuzoare. După efectuarea unei serii de experiențe, ascultătorii și-au schimbat locurile, pentru

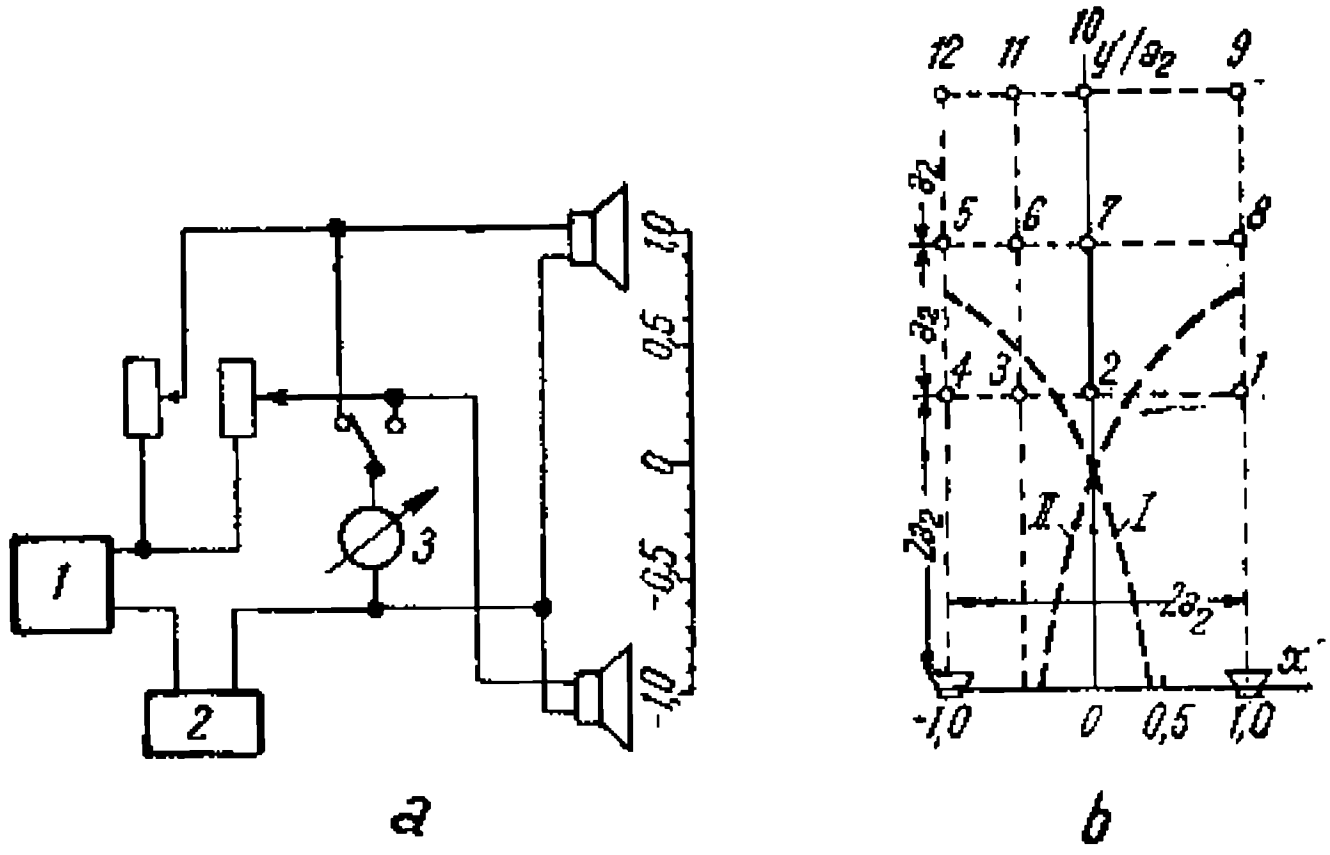


Fig. II.22. Dependența dintre diferența de nivel a canalelor și poziția imaginii stereofonice (distanța între difuzoare 6 m):
a — schema instalației pentru exprimarea dependenței dintre diferența de nivel a canalelor și poziția imaginii stereofonice: *1* — generator; *2* — întrerupător mecanic cu o frecvență a întreruperilor de 2—3 pe s; *3* — voltmetru electronic; *b* — determinarea poziției imaginii stereofonice de către observatori plasați între cele două difuzoare.

ca fiecare ascultător să fie așezat în toate punctele și să perceapă toate valorile diferenței de nivel de intensitate sonoră. Experiențele au fost efectuate cu durate de reverberații diferite. Frecvențele de lucru au fost de 200, 1 000 și 6 000 Hz.

Adoptînd notațiile $\frac{x_2}{a_2}$ pentru poziția imaginii sonore $\frac{x'}{a_2}$ și $\frac{y'}{a_2}$ pentru poziția ascultătorului (v. fig. II.7), se observă că, la $\frac{x'}{a_2} = 0$ și $\frac{y'}{a_2} = 2$, rezultatele din fig. II.23 diferă puțin între ele, în funcție de frecvență. De aceea, experimentările s-au făcut numai la frecvența de 1 000 Hz. Caracteristicile de directivitate ale difuzoarelor în punctele cele mai îndepărtate fiind diferite, s-a considerat că o abatere de

aproximativ 2—3 dB nu va modifica prea mult rezultatele. În fig. II.24 curbele prezentate cu linii continue arată poziția imaginii sonore pentru $\frac{y'}{a_2} = 2; 3; 4$ și 6. De aici se deduce că prin îndepărtarea ascultătorului de difuzoare curbele devin mai liniare și se rotesc în sensul invers al acelor unui ceasornic. Analizînd aceste curbe, se pot trage următoarele concluzii:

— ascultătorii așezați de-a lungul axei vor percepe diferit poziția imaginii sonore;

— pentru fiecare ascultător variația uniformă a diferenței de nivel de intensitate este legată de viteze diferite ale imaginii sonore;

— cu cît ascultătorul se depărtează mai mult, cu atît viteza de mișcare a imaginii sonore devine mai constantă valoarea ei medie micșorîndu-se.

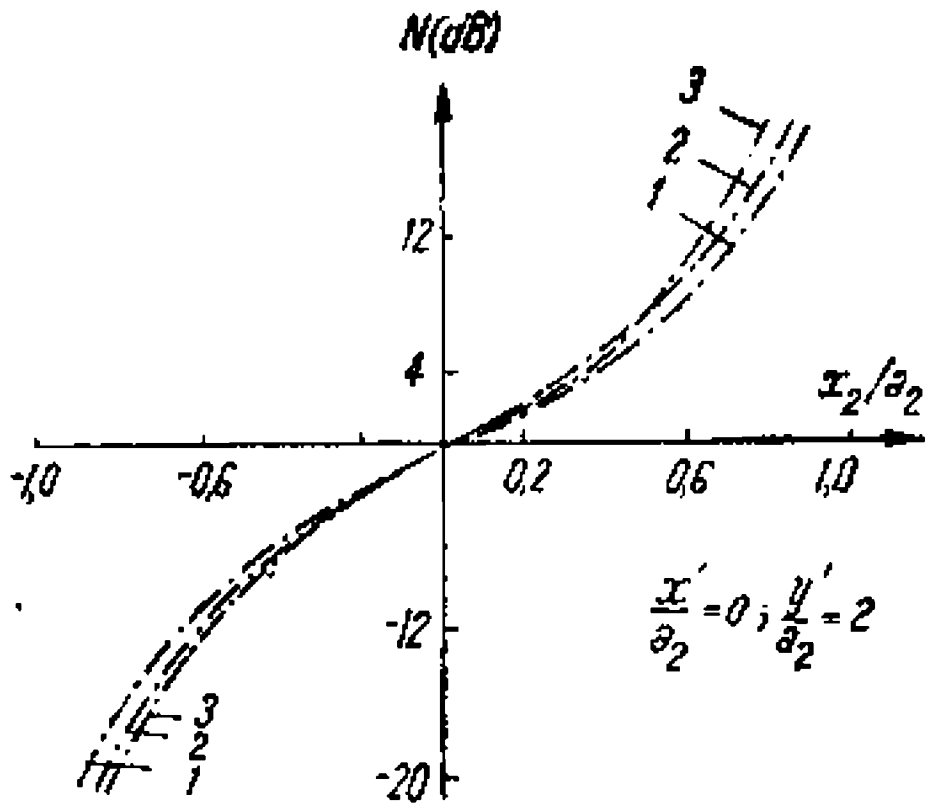


Fig. II.23. Poziția imaginii stereofonice pentru diferite diferențe de nivel între canale. La frecvențele: 1) 200 Hz; 2) 1 000 Hz; 3) 6 000 Hz.

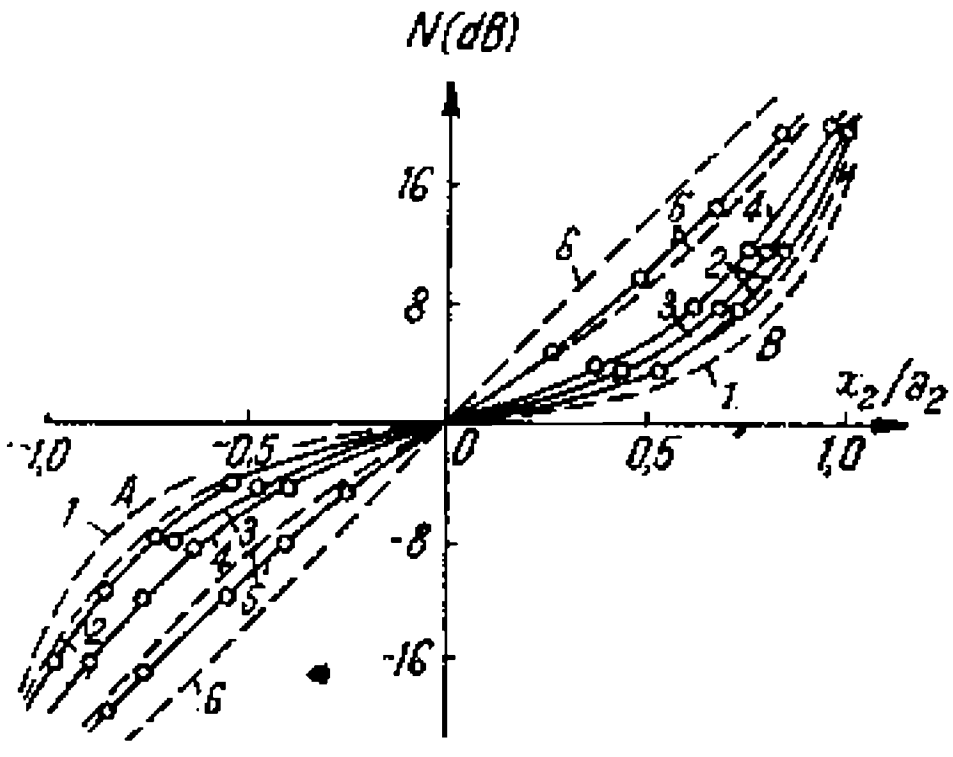


Fig. II.24. Perceperea efectului stereofonic de către un observator plasat pe axa dintre difuzoare. Poziția observatorului pe axa 2) $y'/a_2 = 2$; 3) $y'/a = 3$; 4) $y'/a_2 = 4$; 5) $y'/a_2 = 6$.

Examinînd curbele din fig. II.25, *a*, *b* pentru un ascultător situat în afara axei de simetrie $\left(\frac{x'}{a_2} = \pm 0{,}5; \frac{x'}{a_2} = \pm 1; \frac{y'}{a_2} = 2; \frac{y'}{a_2} = 4\right)$, se deduc următoarele:

1) Pentru aceeași diferență de nivel ascultătorii așezați în tr-un rînd în fața difuzoarelor percep

poziția imaginii sursei sonore diferit; un ascultător din centru o va percepe în centru, iar unul situat lateral o va percepe deplasată față de axa de simetrie în același sens cu deplasarea ascultătorului.

2) Panta curbelor pentru diferite rapoturi $\frac{y'}{a_2}$ și $\frac{x'}{a_2}$ arată că pentru fiecare ascultător viteza de deplasare a imaginii diferă, și anume pentru un ascultător din centru această variație este uniformă, iar pentru unul așezat lateral această variație este bruscă.

3) Precizia determinării poziției imaginii sonore scade cu cît aceasta se află mai aproape de centrul bazei de redare și cu cît ascultătorul este mai departe de linia de centru.

S-a mai constatat că precizia localizării imaginii sonore crește cu cît durata de reverberație este mai mică.

Se consideră — și experiența a verificat acest lucru — că zona de ascultare cu efect stereofonic cuprinde o suprafață în care sînt menținute în mod constant raporturile între presiunile sonore produse de cele două difuzoare. Variația

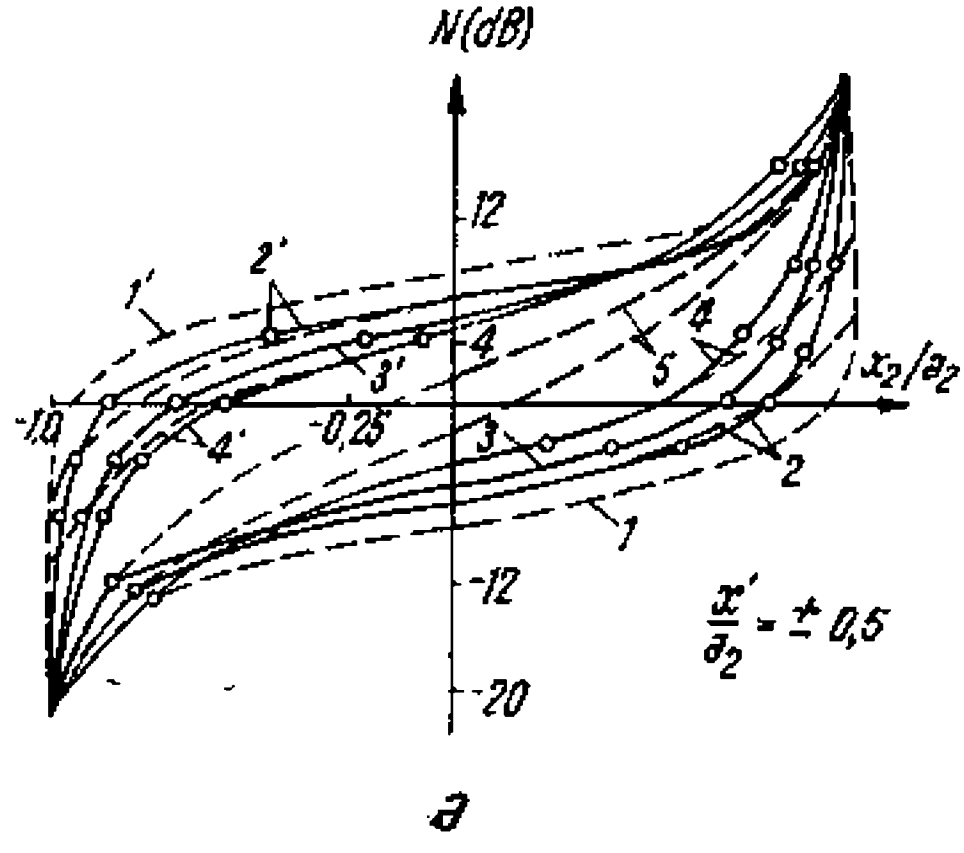


Fig. II.25. Perceperea efectului stereofonic de către un observator situat în afara axei de simetrie pentru $\frac{x'}{a_2} = \pm 0,5$ (*a*), $\frac{x'}{a_2} = \pm 1$ (*b*) și la distanța față de difuzoare *1*) $y'/a_2 = 0$; *2*) $y'/a_2 = 2$; *3*) $y'/a_2 = 3$; *4*) $y'/a_2 = 4$; *5*) $y'/a_3 = 8$.

raportului intensităţilor sonore în locurile de ascultare, în care se păstrează efectul stereofonic, nu trebuie să depăşească valoarea de 3 dB. Acest raport al intensităţilor sonore depinde de forma caracteristicii de directivitate a difuzoarelor şi de acustica sălii unde se efectuează audiţia.

Se consideră două difuzoare a căror caracteristică de directivitate este asemănătoare cu cea din fig. II.26; dacă presiunea sonoră descreşte proporţional cu distanţa, atunci într-un punct P se poate evalua echilibrul celor două canale conform relaţiei:

$$\delta = \lg \cdot \frac{AQ}{BR} \cdot \frac{BP}{AP} . \qquad (II.7)$$

Dacă valoarea lui δ nu depăşeste 3 dB, va exista în acel punct o audiţie stereofonică satisfăcătoare.

Dacă se aleg caracteristicile de directivitate ale celor două difuzoare identice, de formă cosinusoidală şi orientate spre punctul O, ca în fig. II. 27, se obţin rezultate mult mai bune.

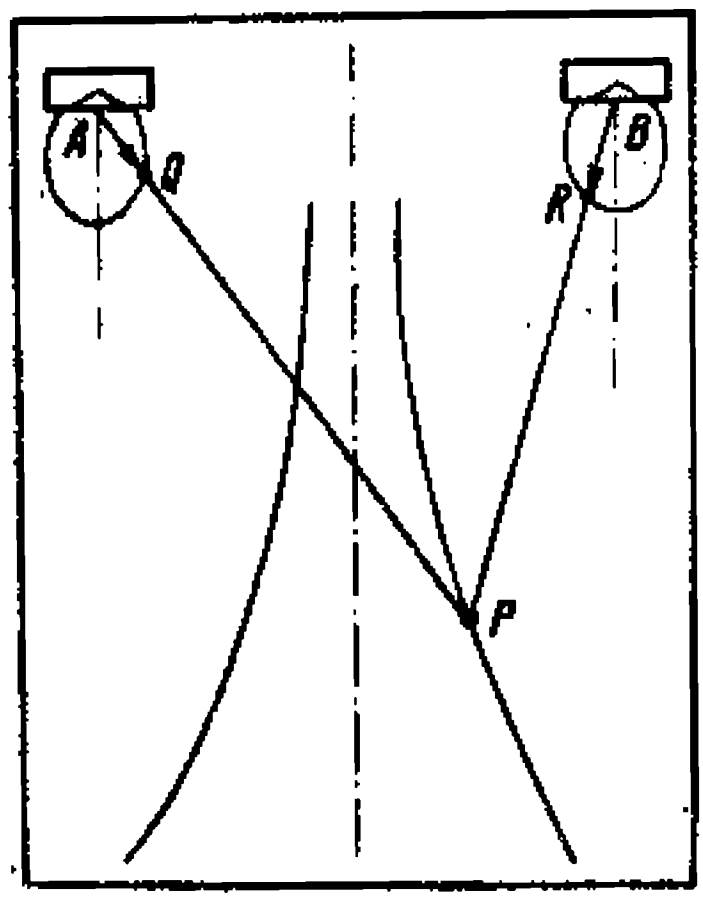


Fig. II.26. Obţinerea suprafeţei de ascultare stereofonică cu două difuzoare directive.

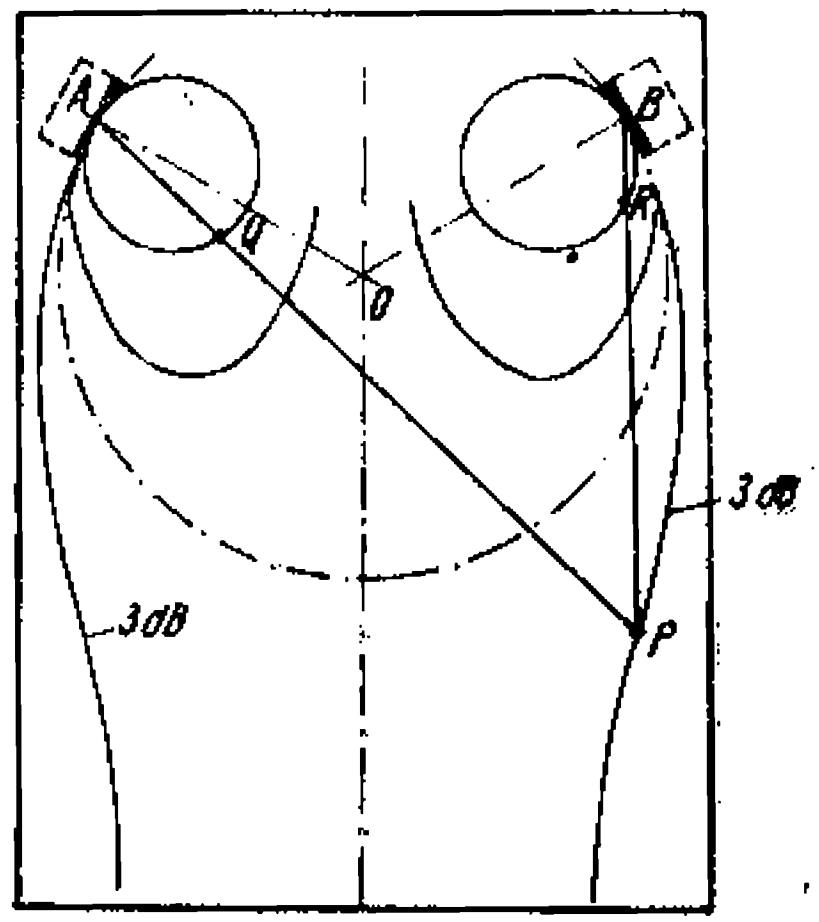


Fig. II.27. Două difuzoare cu caracteristici de directivitate circulare, îndreptate astfel încît unghiul AOB este de 120°.

Forma acestei caracteristici de directivitate nu este greu de obţinut. Ea poate fi realizată din două surse sonore apropiate radiind în opoziţie de fază. Caracteristicile de directivitate ale difuzoarelor moderne introduse într-o incintă de volum mai mic sînt asemănătoare cu cele sferice.

Se observă că sistemul de redare stereofonică indicat în fig. II.27 asigură un raport constant al intensităţilor sonore atît pe axa de simetrie a difuzoarelor, cît şi pe un cerc cu centrul în punctul O, şi rază egală cu distanţa de la un difuzor pînă în centru.

Se obţin rezultate bune în cazul cînd difuzoarele se aşază astfel încît unghiul AOB este de 120°. În fig. II.27 se văd şi limitele zonei în care variaţia raportului de intensitate este de aproximativ 3 dB (linii continue). Prin urmare, în cazul acestei orientări a difuzoarelor, admiţînd abateri de 3 dB, suprafaţa de audiţie stereofonică se măreşte considerabil.

Un mobilier de construcţie specială poate ajuta de asemenea la mărirea zonei de audiţie. Într-o încăpere cu reverberaţie nu prea mare, cu un mobilier amplasat ca în fig. II.28 şi cu caracteristicile de directivitate arătate în figură, se obţine un bun efect stereofonic pentru un ascultător aşezat pe axa de simetrie a sistemului de redare. Rezultatele sînt satisfăcătoare totuşi şi în poziţiile laterale, creîndu-se în aceste condiţii o suprafaţă destul de mare, ceea ce este avantajos pentru audiţii stereofonice în încăperile de locuit..

Dacă se folosesc coloane sonore formate din 3—6 difuzoare dispuse în plan vertical şi distanţate între ele, intensitatea

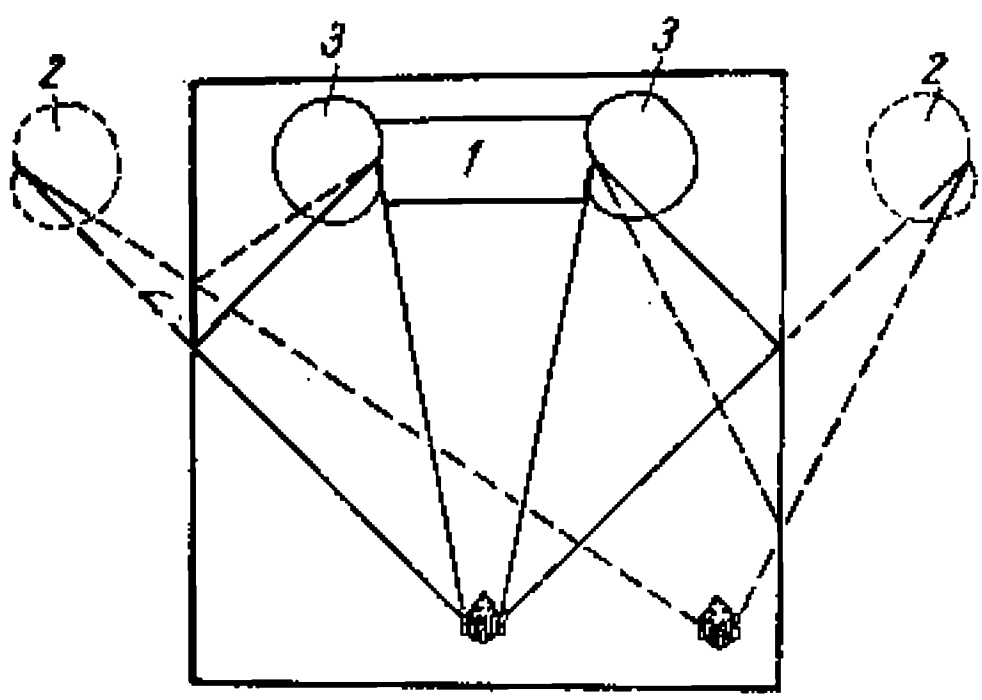


Fig. II.28. Aşezarea mobilierului prevăzut cu difuzoare laterale pentru obţinerea unei baze mai mari în cazul unei încăperi cu pereţii reflectanţi : *1* — mobilier ; *2* — imaginea sonoră ; *3* — caracteristici de directivitate ale difuzoarelor.

undei directe va fi mai mare decît componentele reflectate, iar variaţiile intensităţilor sonore ale celor două coloane în diferite poziţii de ascultare sînt mai reduse. Cu acest procedeu se suprimă reflexiile nedorite, rezultate din tavan şi pardoseală.

Concluziile generale care se pot trage cu privire la sistemul stereofonic pe două canale sînt următoarele:

— poziția imaginii sunetului stereofonic depinde nu numai de diferența de nivel a intensității sonore a celor două surse (difuzoare, coloane sonore etc.), dar și de poziția ascultătorului;

— eroarea de localizare a imaginii sonore poate să ajungă pînă la 80—90%, atunci cînd ascultătorul se află la una dintre limitele laterale ale zonei de audiție;

— localizarea devine tot mai greu de realizat, cu cît imaginea este mai centrală, cu cît ascultătorul se află mai departe de axa de simetrie și cu cît durata de reverberație este mai mare;

— deplasarea imaginii sunetului stereofonic nu este proporțională cu variația diferenței intensităților celor două difuzoare;

— viteza de deplasare a imaginii sonore depinde de viteza de variație a diferenței de intensitate și de poziția de ascultare.

Procedee de îmbunătățire a reproducerilor stereofonice cu două canale prin folosirea unui al treilea canal. S-au arătat mai înainte neajunsurile procedeului stereofonic care folosește două canale și avantajele procedeelor stereofonice cu mai multe canale. În cele ce urmează se vor indica unele procedee apropiate de procedeul stereofonic cu trei canale, care sînt ușor de realizat practic și cu avantaje remarcabile.

Principiul constă în utilizarea numai la reproducere, pe lîngă cele două canale obișnuite, a unui al treilea canal al cărui dispozitiv de ascultare este plasat între celelalte două; acest canal va primi suma tensiunilor electrice obținute la o captare stereofonică pe două canale, informația primită fiind similară cu aceea care ar fi dată de un al treilea microfon situat între cele două.

Încercările care s-au făcut au arătat că acest sistem este capabil să dea rezultate care se apropie foarte mult de audiția naturală. De asemenea, se mărește suprafața de ascultare stereofonică și implicit numărul de ascultători. S-a observat că prin mărirea sau micșorarea nivelului de ieșire al canalului central se poate lărgi sau îngusta baza de redare. Acest lucru este util în cazul unor formații de muzică de cameră care ocupă de obicei un spațiu mult mai restrîns decît distanța dintre cele două difuzoare laterale. Sistemul are aplicații pe scară mult mai largă la audițiile publice pe

o scenă mare. Este de observat că nivelul canalului central nu este deosebit de critic. Față de o valoare stabilită, care depinde și de acustica sălii, o abatere de $\pm$ 2 dB nu modifică prea mult audiția.

Făcînd o analiză comparativă între captarea sunetelor pe trei canale și alte sisteme care folosesc două sau trei microfoane la captare, iar reproducerea se face pe trei canale, se pot stabili utilitatea și modul de funcționare a celui de-al treilea canal central.

La un sistem stereofonic cu trei canale se constată că fiecare dintre aceste canale nu este complet independent. Astfel, se poate determina în ce proporție va capta fiecare microfon semnalele aparținînd celorlalte microfoane.

Dacă se amplasează în fața a trei surse de sunet S_{R1}, S_{R2}, S_{R3}, trei microfoane M_1, M_2, M_3, așa cum se vede în fig. II.29, atunci din considerente geometrice semnalele electrice date de fiecare microfon vor avea următoarele valori :

$$\left.\begin{array}{l} U_1 + 0{,}7\,U_2 + 0{,}45\,U_3 \text{ (pentru canalul 1)}; \\ 0{,}71\,U_1 + U_2 + 0{,}71\,U_3 \text{ (pentru canalul 2)}; \\ 0{,}45\,U_1 + 0{,}7\,U_2 + U_3 \text{ (pentru canalul 3).} \end{array}\right\} \quad \text{(II.8)}$$

Se fac următoarele ipoteze :

— amplificările în cele trei canale electroacustice sînt egale;

— ca referință se ia tensiunea de ieșire a canalului pentru care s-a scris relația de tensiuni electrice;

— tensiunea de ieșire a microfonului este proporțională cu presiunea acustică din fața microfonului și invers proporțională cu distanța dintre microfon și sursa sonoră;

— microfonul este amplasat într-un mediu complet absorbant din punct de vedere acustic.

Se observă că tensiunea electrică obținută la ieșirea unui canal cuprinde informațiile date de fiecare microfon în parte.

În cazul sistemului de captare cu trei microfoane introduse în două canale electroacustice (microfonul central este conectat pe ambele canale), a căror ieșire este legată la trei dispozitive de reproducere, se obțin următoarele rezultate (fig. II.30). Tensiunea de ieșire a canalului central este atenuată cu 6 dB pentru a reproduce sursa centrală cu aceeași tărie ca și celelalte două surse laterale) :

$$\left.\begin{array}{ll} U_1 + U_2 + 0{,}68\,U_3 & \text{(pentru canalul 1)}; \\ 0{,}84\,U_1 + U_2 + 0{,}84\,U_3 & \text{(pentru canalul 2)}; \\ 0{,}68\,U_1 + U_2 + U_3 & \text{(pentru canalul 3).} \end{array}\right\} \quad \text{(II.9)}$$

Se observă că o astfel de captare nu este corespunzătoare, deoarece independența între canale nu este menținută la nivelul procedeului de reproducere cu trei canale independente. Din această cauză sistemul nu este utilizat în mod curent.

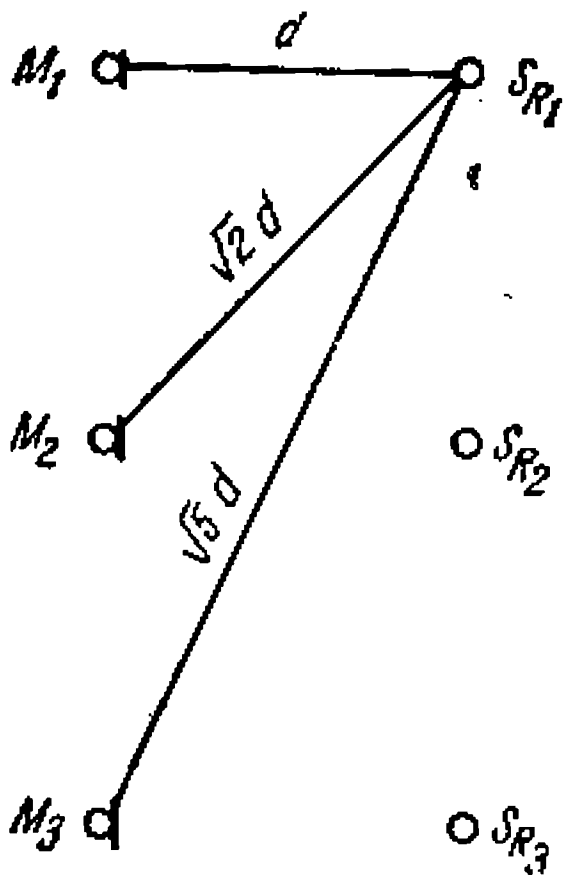


Fig. II.29. Amplasarea surselor sonore și a microfoanelor pentru captare.

O situație mai bună se obține la captarea a trei surse cu două microfoane introduse în două canale electroacustice și reproduse cu trei sisteme de redare (fig. II.31) (al treilea canal a rezultat din însumarea semnalelor celor două microfoane).

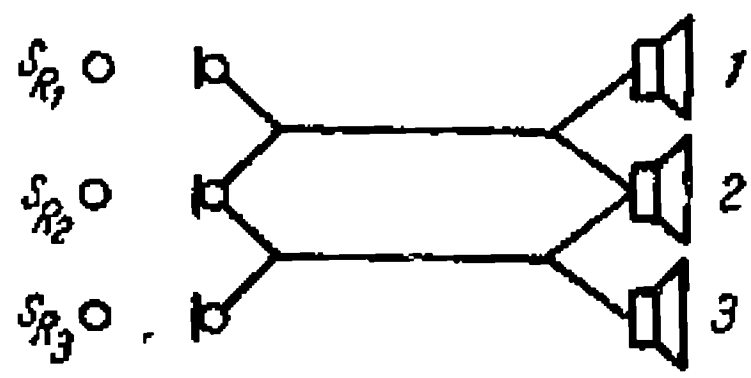


Fig. II.30. Înregistrarea a 3 surse sonore cu două canale electroacustice folosind trei microfoane.

Ținînd seama, ca și în cazurile precedente, că pentru canalul central tensiunea datorită sursei S_{K2} trebuie să fie luată ca unitate, se obține :

$$\left.\begin{array}{ll} U_1 + U_2 + 0{,}62\,U_3 & \text{(pentru canalul 1);} \\ 0{,}81\,U_1 + U_2 + 0{,}81\,U_3 & \text{(pentru canalul 2);} \\ 0{,}62\,U_1 + U_2 + U_3 & \text{(pentru canalul 3).} \end{array}\right\} \quad \text{(II.10)}$$

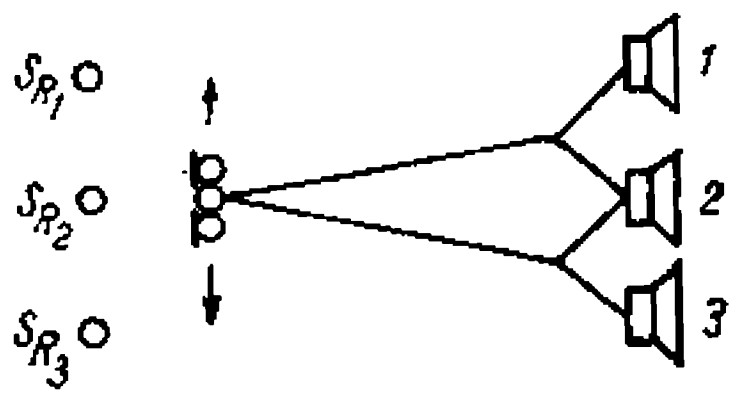


Fig. II.31. Înregistrarea a 3 surse sonore cu microfon stereofonic.

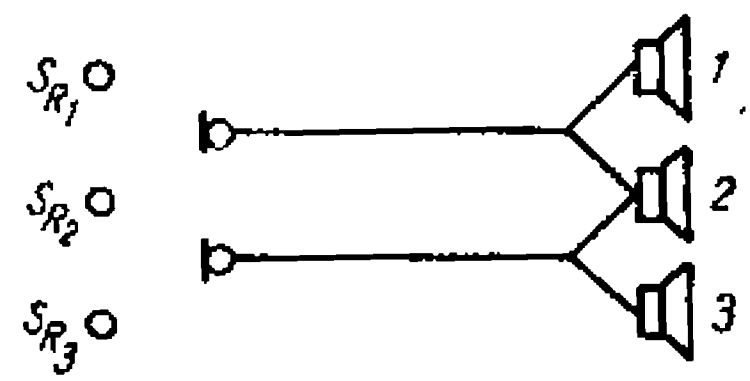


Fig. II.32. Înregistrarea a 3 surse sonore cu două canale electroacustice folosind două microfoane.

Situația cea mai apropiată de sistemul cu trei canale independente se obține prin utilizarea microfonului stereofonic, care constă din două capsule suprapuse (fig. II.32),

având caracteristicile de directivitate ale celor două microfoane în formă de cardioidă, cu axele de sensibilitate maximă decalate la 180°. Ținînd seama de caracteristicile de directivitate și de distanță, se deduce :

$$\left.\begin{array}{l} U_1 + 0{,}82\,U_2 + 0{,}08\,U_3; \\ 0{,}66\,U_1 + U_2 + 0{,}66\,U_3; \\ 0{,}08\,U_1 + 0{,}82\,U_2 + U_3. \end{array}\right\} \qquad \text{(II.11)}$$

Nivelul obținut din calculul necesar canalului central pentru obținerea unei continuități a imaginii sonore este totuși diferit de cel rezultat din practică. Acest lucru se datorește unui efect subiectiv provocat de întîrzierea sunetului sosit de la sursele - așezate lateral, pe care ascultătorul le percepe ca o scădere de nivel sonor. Din această cauză nivelul canalului central va fi micșorat în aceeași măsură în care sursele laterale par mai atenuate. De menționat că nivelul canalului central depinde și de încăperea în care se face audiția.

Pentru a vedea influența canalului central, s-au făcut probe așezîndu-se sursele sonore la distanțe egale între ele. Acestea sînt captate cu două microfoane. Ele au fost reproduse prin intermediul a trei canale electroacustice, canalul central avînd un nivel diferit de cele laterale. În figurile următoare se văd abaterile distribuției surselor sonore imaginare față de distribuția surselor reale. Înregistrările au cuprins un text vorbit, sursa sonoră fiind așezată în fiecare dintre pozițiile marcate în figură.

În fig. II.33, *a* se observă că în cazul atenuării cu 3 dB a nivelului de ieșire al canalului central, se produce o deplasare a surselor sonore imaginare. O atenuare cu încă 3 dB a acestui canal (fig. II.33, *b*), dă o distribuție care se apropie mai mult de realitate. Prin atenuarea canalului central cu 9 dB, se obține o distribuție ideală, realizîndu-se o continuitate a imaginii sonore chiar și pentru un ascultător situat în afara axei de simetrie (fig. II.33, *c*).

Foarte des este utilizat procedeul de reproducere stereofonică cu două canale electroacustice și trei sisteme de redare, unul dintre acestea, anume cel central, fiind realizat printr-un circuit fantomă de tipul celui folosit în telefonie.

Principiul utilizării unui canal central realizat printr-un circuit fantomă constă în însumarea semnalelor a două microfoane suficient de depărtate, rezultanta lor corespunzînd semnalelor unui singur microfon situat în mijlocul distanței

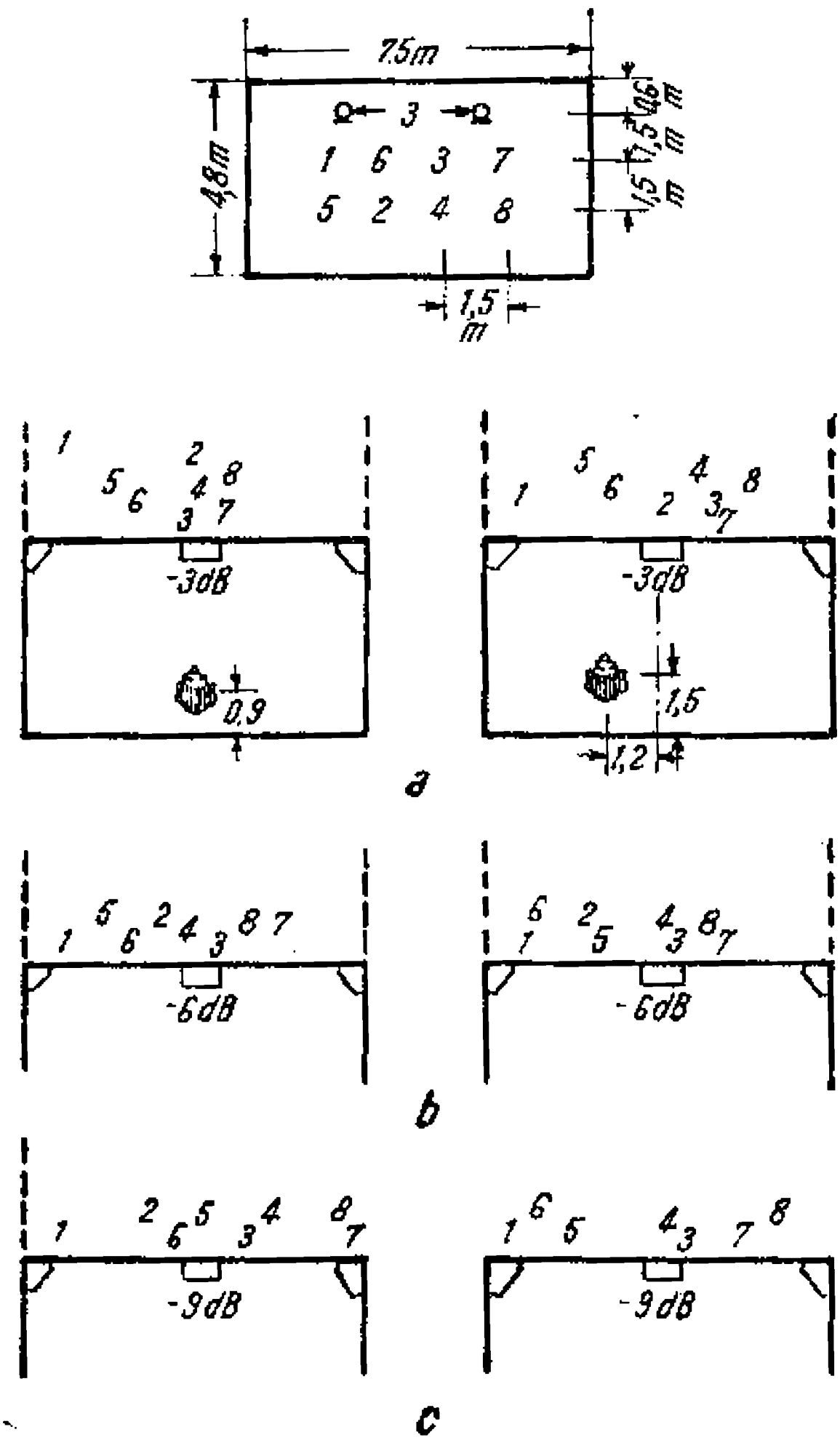


Fig. II.33. Distribuţia surselor sonore reale într-o încăpere şi obţinerea distribuţiei imaginilor într-un sistem de 2 canale electroacustice şi un canal ajutător derivat :

a — pentru o atenuare de 3 dB a nivelului de ieşire al canalului central; *b* — pentru o atenuare de 6 dB; *c* — pentru o atenuare de 9 dB.

dintre ele. În felul acesta, la n canale reale se pot suprapune $n-1$ canale fantomă şi, deci, n microfoane pot alimenta $2n-1$ difuzoare. Se presupune, în cele ce urmează, că fiecare ieşire de microfon care alimentează canalele stereofonice are o impedanţă mică faţă de intrările amplificatoarelor de putere. Dacă se consideră canalul *1* fără semnal în schema de montaj din fig. II.34, canalul fantomă va primi jumătate din tensiunea canalului *2*; cînd canalul *2* are semnal, atunci canalul fantomă primeşte jumătate din tensiunea canalului *1*. Dacă ambele canale au semnale egale ca intensitate şi fază, canalul fantomă primeşte acelaşi semnal ca şi cele laterale. Practic, însă, cele două semnale nu sînt egale şi atunci canalul central va primi un semnal egal cu rezultanta valorilor eficace ale celorlalte două semnale. În cazul acesta, semnalul va fi aproximativ mai mic cu 3 dB decît semnalele canalelor laterale. Pentru obţinerea unui echilibru sonor, este necesar ca acestea să fie atenuate cu aproximativ aceeaşi valoare.

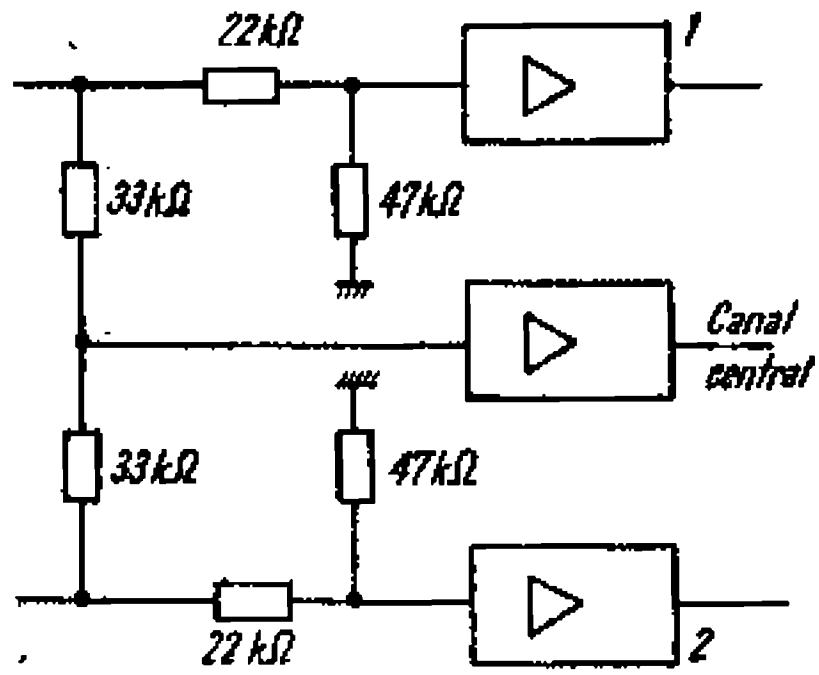


Fig. II.34. Realizarea unui canal fantomă.

În concluzie, necesitatea introducerii unui canal suplimentar plasat în centru în oricare dintre variantele de înregistrare şi reproducere stereofonică analizate a rezultat din următoarele consideraţii :

— Pentru poziţiile de ascultare apropiate de linia difuzoarelor, imaginea sursei sonore centrale este ridicată mult deasupra difuzoarelor.

— Intensitatea sonoră pe linia centrală a sistemului de audiţie stereofonică scade pe măsură ce ascultătorul se îndepărtează şi ajunge pentru o distanţă de 1,5 ori mai mare decît distanţa dintre difuzoare la o scădere a nivelului de intensitate sonoră cu — 7 dB.

— Suprafaţa de audiţie stereofonică a două difuzoare este încadrată de hiperbole care au ca centru tocmai aceste difuzoare. Această suprafaţă este foarte redusă : mărirea ei se face cu ajutorul canalului central, care compensează di-

ferențele de intensitate ce apar datorită întîrzierii sunetului în punctele din afara suprafeței mărginite cu hiperbole.

— În sistemele de captare cu două microfoane distanțate între ele, intensitatea sonoră are variații mari cînd microfoanele captează sursele sonore sub un unghi mare. Aceste variații de intensitate pot fi compensate printr-un canal suplimentar central.

Procedeul pseudostereofonic. Spre deosebire de procedeele stereofonice, care realizează iluzia de spațiu, acest procedeu dă mai mult o senzație de prezență și apropiere a soliștilor și formației muzicale, nepermițînd totuși localizarea surselor de sunet imaginare. Din aceste motive procedeul a fost denumit pseudostereofonic.

Experimental s-a dovedit că prin combinarea unui semnal $f(t)$ cu el însuși, după ce în prealabil a fost întîrziat cu timpul τ, la urechile ascultătorului ajung următoarele semnale: la una din urechi $f(t) + f(t-\tau)$, la cealaltă $f(t) - f(t-\tau)$. Întîrzierea, în general, se alege mai mică de 50 ms. Această întîrziere poate fi realizată prin mijloace acustice sau electroacustice.

Montajul folosit în metoda Lauridsen pentru a pune în evidență efectul pseudostereofoniei este reprezentat în fig. II.35.

Acest efect poate fi sesizat atît cu ajutorul căștilor, cît și cu ajutorul difuzoarelor. Unul dintre difuzoare va fi alimentat cu semnalul sumă, iar celălalt — cu semnalul diferență. Se va căuta ca fazele și intensitățile sonore în locul de ascultare ale celor două difuzoare să fie identice.

La fiecare ureche intensitatea sonoră variază cu frecvența. Dacă semnalul inițial este o sinusoidă, atunci la urechea la care se aplică suma se va obține o variație a intensității, în funcție de frecvență, care este reprezentată în fig. II.36.

La urechea la care se aplică diferența semnalelor, variația va fi ca în fig. II.37. Se observă că atunci cînd la una dintre urechi intensitatea este maximă, la cealaltă ureche intensitatea este minimă, iar suma intensităților la cele două urechi este constantă și independentă de frecvență. Aplicarea semnalului, pe rînd, unei urechi sau celeilalte creează senzația denumită efect pseudostereofonic.

Diferența de fază între intensitățile sonore aplicate celor două urechi variază și ea cu frecvența (fig. II.38).

În urma unor cercetări s-a arătat că diferența de fază între semnalele sosite la cele două urechi influențează foarte

puțin producerea efectului pseudostereofonic. Contribuția hotărîtoare o are variația intensității cu frecvența (așa cum s-a arătat în fig. II.36 și II.37). Efectul pseudostereofonic poate fi obținut prin combinarea semnalului inițial cu unul întîrziat, numai pînă la frecvența de 1 600 Hz; pentru asigurarea unei benzi cuprinse între 0 și 1 600 Hz, se intercalează un filtru trece jos cu frecvența de tăiere $f_0 = 1\,600$ Hz.

În schema prezentată în continuare, efectul pseudostereofonic se obține prin separarea semnalelor de audiofrecvență în două canale de reproducere — de joasă frecvență și de înaltă frecvență — și prin introducerea unui dispozitiv de întîrziere în canalul de reproducere a semnalului de frecvență joasă (fig. II.39).

Separarea frecvențelor superioare se face cu ajutorul filtrului $R_8C_6C_4C_5$ care se află în circuitul grilei de comandă a triodei T_2. Frecvențele inferioare sînt întîrziate de circuitul format din R_{15}, R_{16}, C_{13}, C_{14}, L_5. Separarea difuzoarelor se face cu ajutorul condensatorului C_{21}.

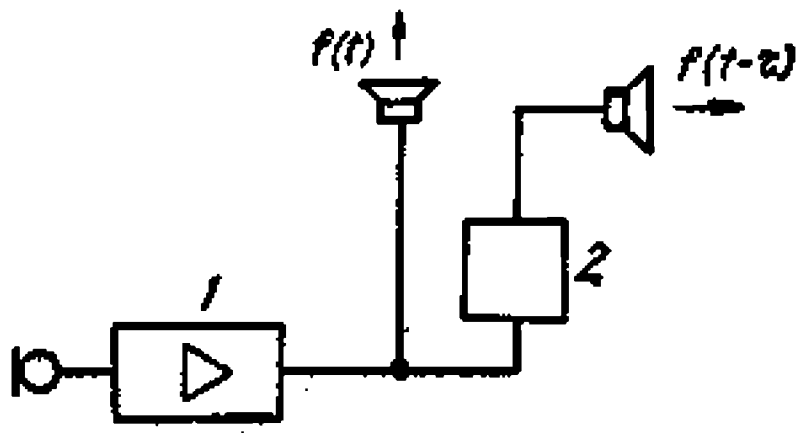


Fig. II.35. Experiența efectuată de Lauridsen cu două difuzoare așezate perpendicular unul pe celălalt:
1 — amplificator; *2* — sistem de producere a întîrzierii

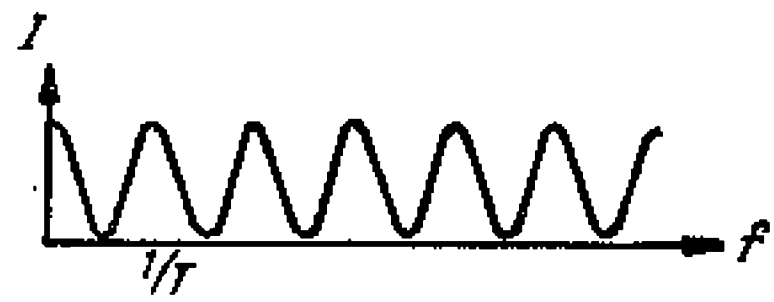


Fig. II.36. Variația intensității sonore la o ureche în funcție de frecvență.

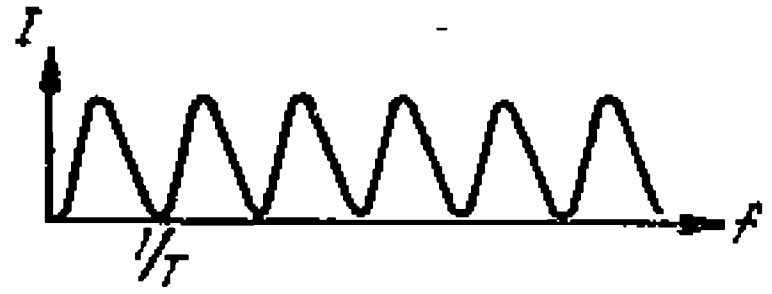


Fig. II.37. Variația intensității sonore la cealaltă ureche în funcție de frecvență.

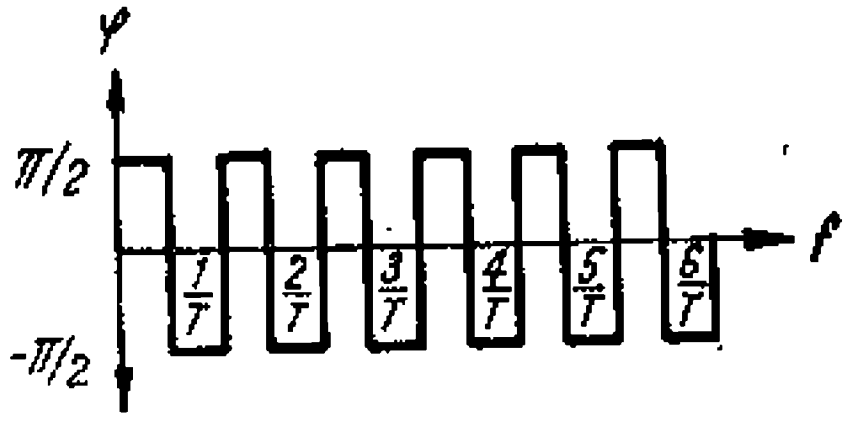


Fig. II.38. Variația fazei între cele două urechi în funcție de frecvență.

Efectul pseudostereofonic se poate obține și prin folosirea unui difuzor cu cameră de compresie și cu un tub de adaptare pentru distribuția sunetului în părțile

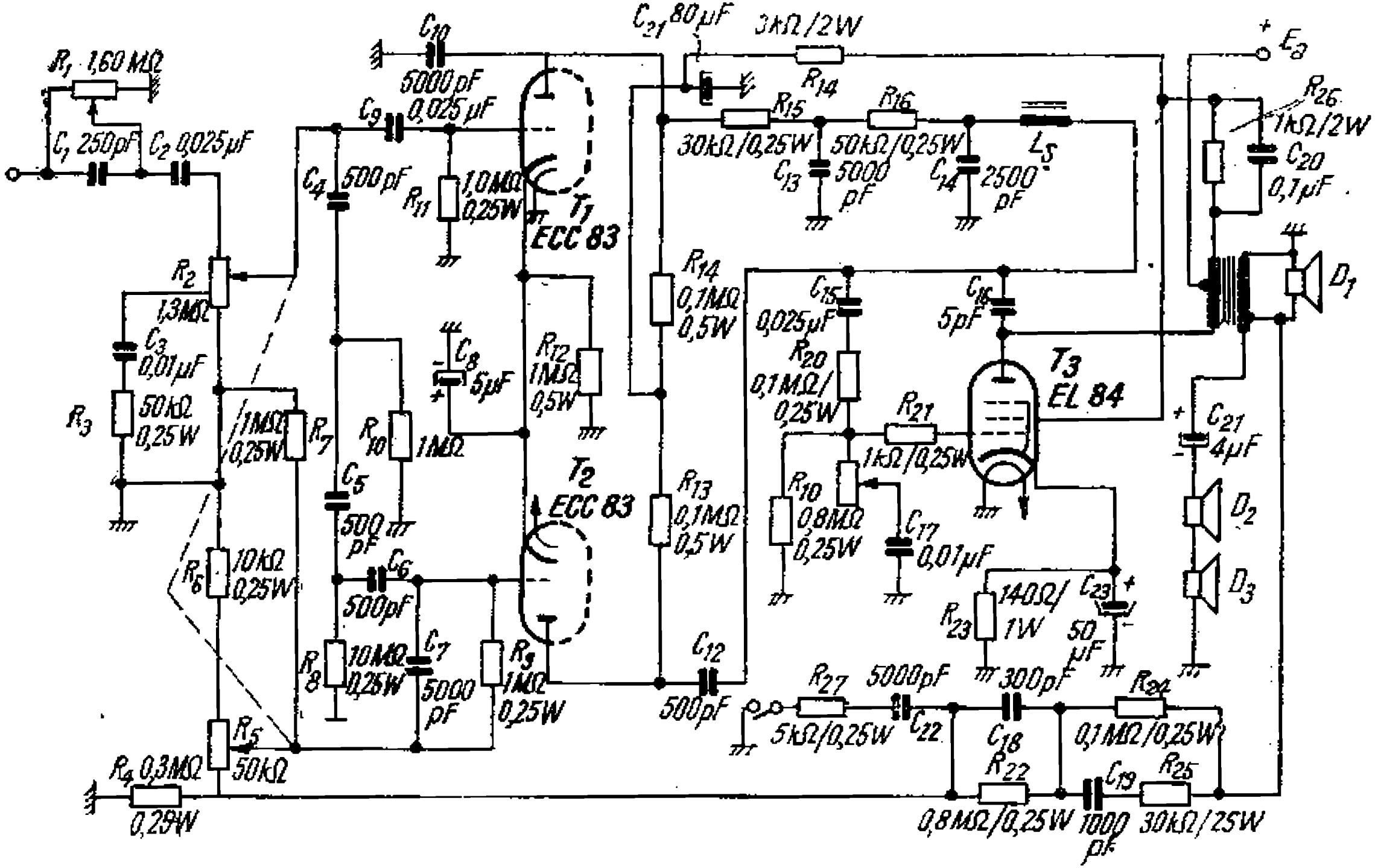


Fig. II.39. Montaj simplu pentru obținerea efectului pseudostereofonic.

laterale şi în spate. Tubul are şi rolul de a produce întîrzierea necesară sunetului (fig. II.40). Tubul este construit din aluminiu sau dintr-un material plastic.

Sistemul are o caracteristică de frecvenţă liniară între 500 şi 7 000 Hz. Efectul pseudostereofonic este remarcabil.

Pseudostereofonia este un mijloc de a realiza la domiciliu cu mijloace simple şi relativ ieftine audiţii de calitate, dînd ascultătorului iluzia că se află în aceeaşi încăpere cu sursa sonoră.

Rezultatele obţinute nu sînt comparabile cu adevăratul efect stereofonic, care are posibilitatea de a crea impresia de spaţiu şi de mişcare a sursei sonore.

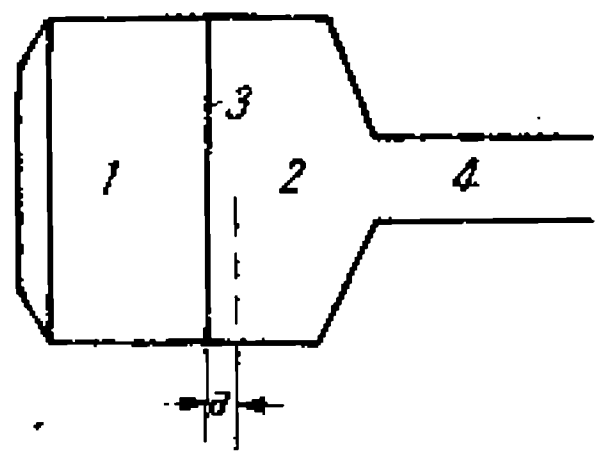


Fig. II.40. Folosirea unui difuzor cu cameră de compresie şi tub pentru obţinerea efectului pseudostereofonic:

1 — sistem electrodinamic de radiaţie; *2* — cameră de compresie; *3* — membrană; *4* — tub de întîrziere a sunetului.

2. Înregistrarea şi reproducerea stereofonică a sunetului de pe disc şi bandă magnetică

a. *Înregistrarea şi reproducerea stereofonică a sunetului de pe disc*

Metode de înregistrare stereofonică pe disc. În capitolele anterioare s-a arătat că pentru înregistrarea stereofonică a sunetului pe disc sau bandă de magnetofon se utilizează unul dintre cele trei procedee amintite *A*, *B*, *X*, *Y* sau *M*, *S*. De asemenea, s-a mai arătat că motive de compatibilitate au condus la folosirea îndeosebi a procedeului *M*, *S*.

Pentru înregistrarea pe disc a semnalelor stereofonice, s-au făcut o serie de experimentări în scopul de a găsi metoda cea mai potrivită care să asigure calităţile tehnice ale unor astfel de înregistrări.

La primele încercări, la baza înregistrării stereofonice pe disc a fost ideea de a se utiliza două şanţuri, corespunzătoare celor două semnale stereofonice. Astfel, s-au folosit două discuri înregistrate separat, care ulterior erau redate de pe două agregate, fiecărui disc corespunzîndu-i unul dintre

cele două semnale sonore. O asemenea metodă nu a puti fi însă aplicată pe scară largă, datorită unor inconvenient dintre care cel mai important era greutatea de sincroniza a celor două agregate.

Mai tîrziu s-a întrebuinţat o metodă prin care un can era înregistrat pe jumătatea exterioară a discului, iar cel lalt canal, pe jumătatea interioară. Această metodă prezen o serie de dificultăţi în realizarea ei practică, şi anum micşorarea duratei de redare a discului, alterarea caracteristi de frecvenţă a producţiei sonore inregistrate etc.

S-a mai încercat, fără succes, folosirea unei metode înregistrare cu două şanţuri paralele.

Inconvenientele care au apărut pe parcursul expe mentărilor diferitelor metode au dus la reluarea unui pri cipiu mai vechi, care aparţine lui Blumlein şi care recoman folosirea unui singur şanţ pentru înregistrarea stereofonic

Astfel, în mod uzual, pentru înregistrarea stereofonii pe disc, se folosesc metode care se bazează pe aşa-numit principiu al celor două componente. Se ştie că înregistrar monofonică pe disc foloseşte două sisteme. Unul, mai vech la care înregistrarea se face în adîncime (sistemul Ediso (fig. II.41, *a*) şi altul, modern, de înregistrare laterală (si temul Berliner) (fig. II.41, *b*).

În 1928, Blumlein a preconizat metoda de înregistra stereofonică, care utiliza ambele sisteme arătate mai sus, un fiind folosit pentru canalul drept şi celălalt pentru canal stîng (fig. II.41, *c*).

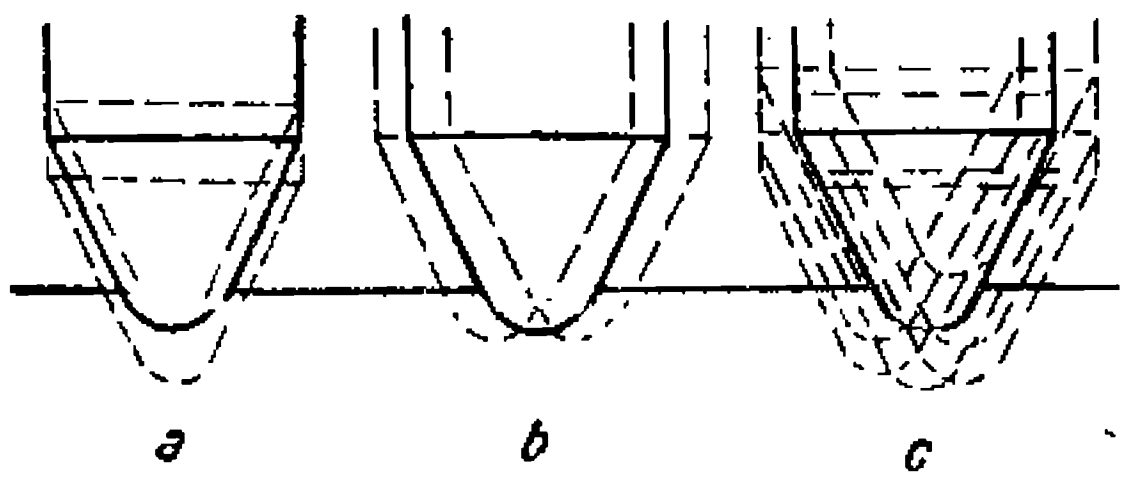


Fig. II.41. Înregistrarea în adîncime, laterală şi combinată a discurilor.

Pentru a realiza o asemenea înregistrare dublă, este n cesar să se aplice transductorului pentru înregistrare doi semnale electrice care să se transforme în forţe mecanice pe pendiculare una pe cealaltă.

Această metodă implică deci ca tensiunea dată de un canal să se aplice (de exemplu în cazul transductorului magnetic) pe o înfășurare a transductorului pentru înregistrare, provocînd oscilații laterale ale acului de înregistrare (paralele cu suprafața discului), iar tensiunea produsă de celălalt canal să se aplice pe o a doua înfășurare, care provoacă oscilații în adîncime ale acului (perpendicular pe suprafața discului).

O astfel de metodă de înregistrare pe orizontală și verticală a fost denumită metoda 0° — 90° și are ca simbol „+".

O metodă, preconizată de asemenea de Blumlein, care înlătură inconvenientul arătat mai sus este aceea denumită 45° — 45°, avînd drept simbol „x". La această metodă cele două mișcări ale acului de înregistrare sînt de asemenea perpendiculare una pe cealaltă, avînd o înclinație de 45° față de suprafața discului. De aici rezultă că cele două componente sînt simetrice. Ca și prima metodă, aceasta din urmă presupune existența unui sistem oscilant ortogonal, cu două grade de libertate, care este acționat prin aplicarea tensiunilor de audiofrecvență ale fiecărui canal, acul înregistrator oscilînd la un unghi de 45° față de suprafața discului. Deci unghiul dintre direcțiile de deplasare ale acului este de 90°, ceea ce implică modularea unui singur perete al șanțului în lipsa unuia dintre cele două semnale.

Compararea metodelor de înregistrare stereofonică pe disc. Cele două metode de înregistrare stereofonică pe disc, 0°— 90° și 45° — 45°, sînt compatibile una cu cealaltă, oricînd putîndu-se trece de la o metodă la alta fără dificultăți mari în privința instalațiilor necesare.

Într-adevăr, trebuie remarcat că este destul de ușor de a transforma semnalele electrice caracteristice metodei 0° — 90° în acelea ale metodei 45° — 45° și invers. În fig. II.42 sînt reprezentate vectorial forțele care acționează asupra acului înregistrator, putîndu-se observa echivalența celor două sisteme.

Astfel, componentele *a* și *b* ale sistemului 0° — 90° dau prin adunare — în cazul unor amplitudini egale — componenta α a sistemului 45°—45°, iar prin scădere, componenta β. De aici se poate trage concluzia că folosirea unor circuite electrice adecvate va permite trecerea de la o metodă la alta. Aceste circuite pot fi de tip punte sau cu transformator, cum sînt cele din fig. II.43.

Metoda de înregistrare 0° — 90°, prezintă unele dezavantaje, în comparație cu metoda 45° — 45°, dintre care se pot enumera : prezența unor distorsiuni mai mari, provoca

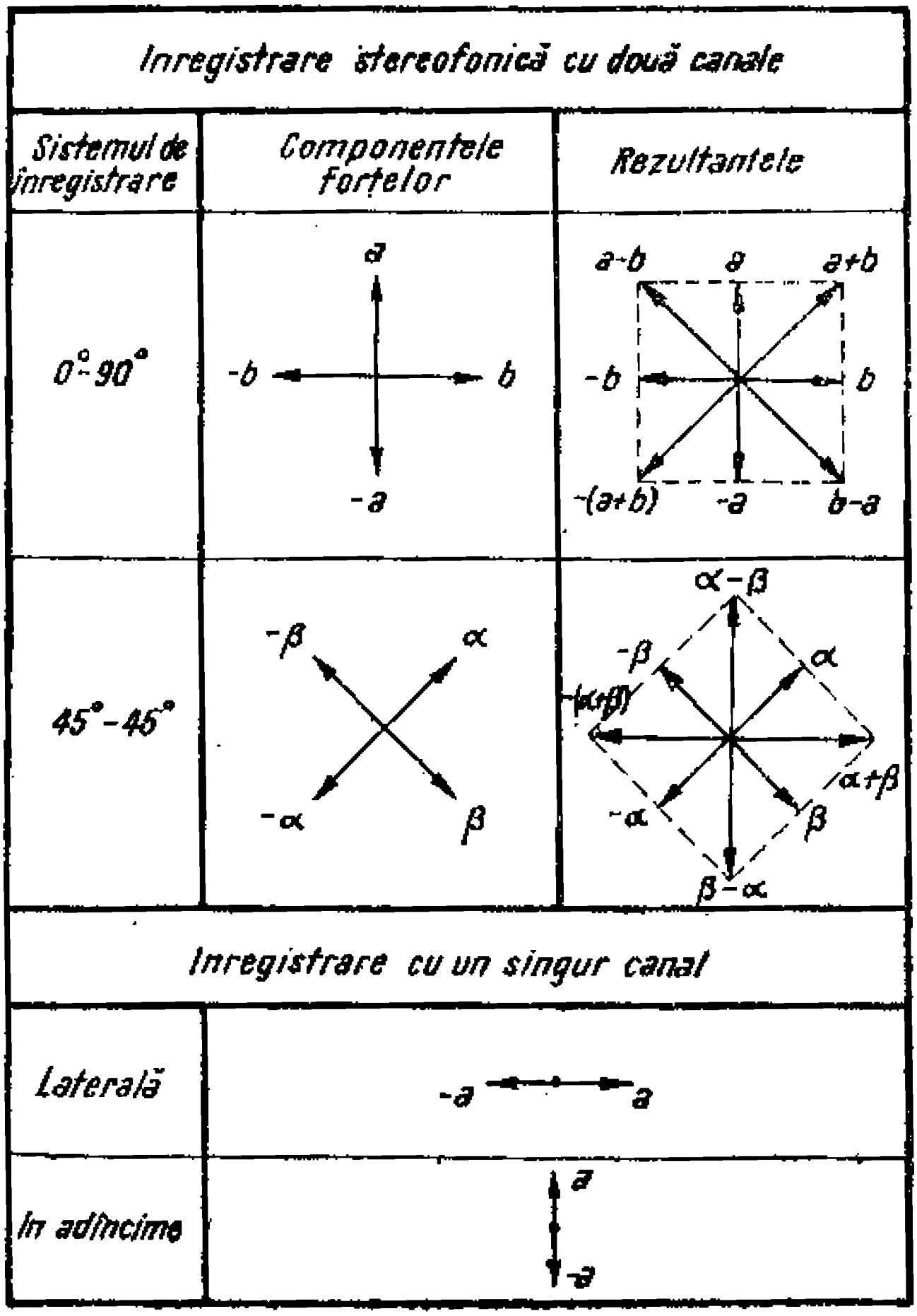


Fig. II.42. Reprezentarea vectorială a forțelor care acționează asupra transductorului înregistrator la discurile stereofonice.

de înregistrarea în adîncime la care deplasările acului în sus și în jos față de o linie mediană de deplasare nu sînt identice, acțiunea mărită a vibrațiilor verticale ale echipajului mobil etc.

Forma şanţurilor obţinute prin metodele 0°—90° şi 45°—45° (fig. II.44) diferă dacă funcţionează numai cîte un canal. La metoda 0° — 90°, în cazul funcţionării unui singur

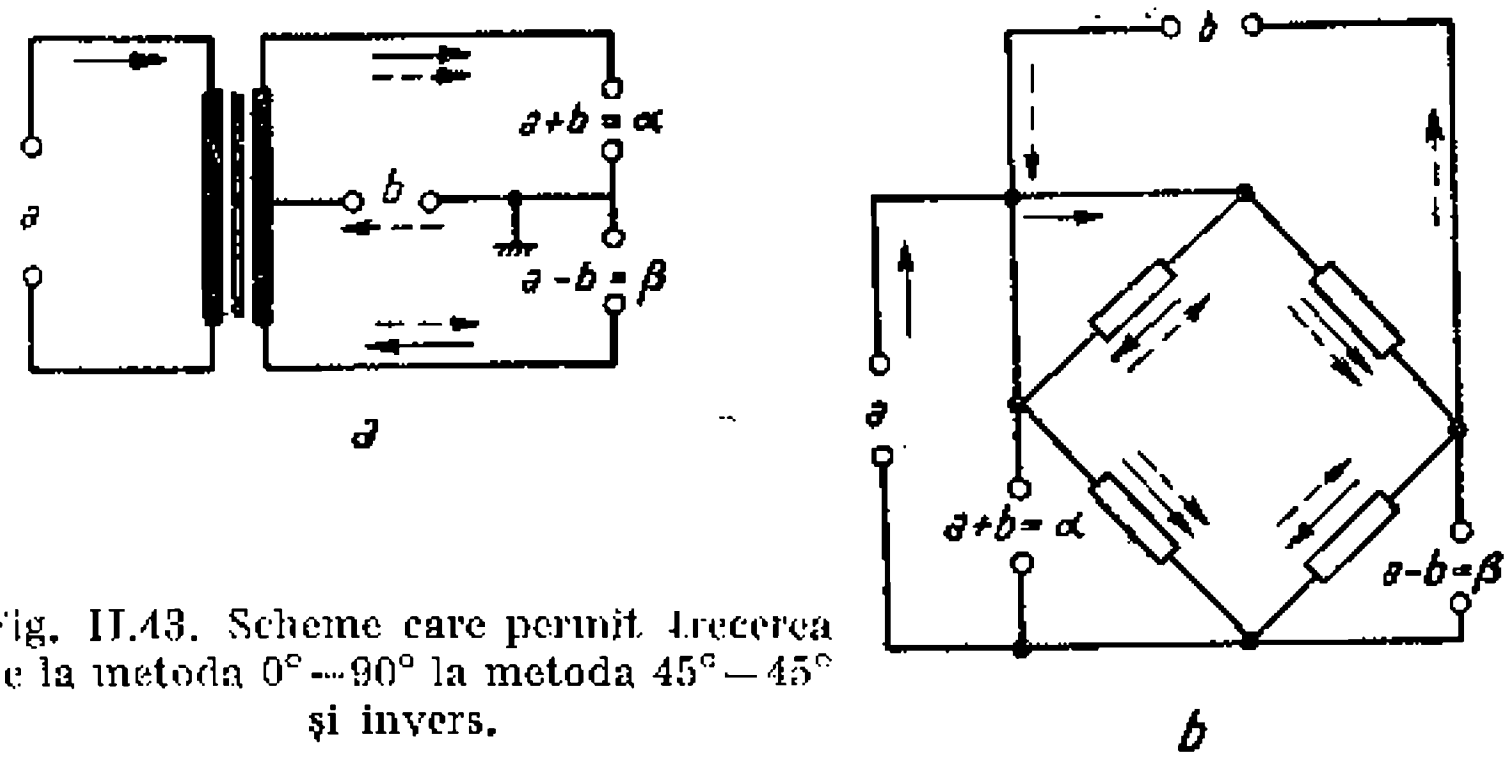


Fig. II.43. Scheme care permit trecerea de la metoda 0°—90° la metoda 45°—45° şi invers.

canal, aspectul şanţurilor este similar cu acela al unei înregistrări monofonice pe disc (în adîncime sau laterală). Dacă funcţionează amhele canale, forma şanţului rezultă din combinarea modulaţiilor corespunzătoare celor două canale stereofonice.

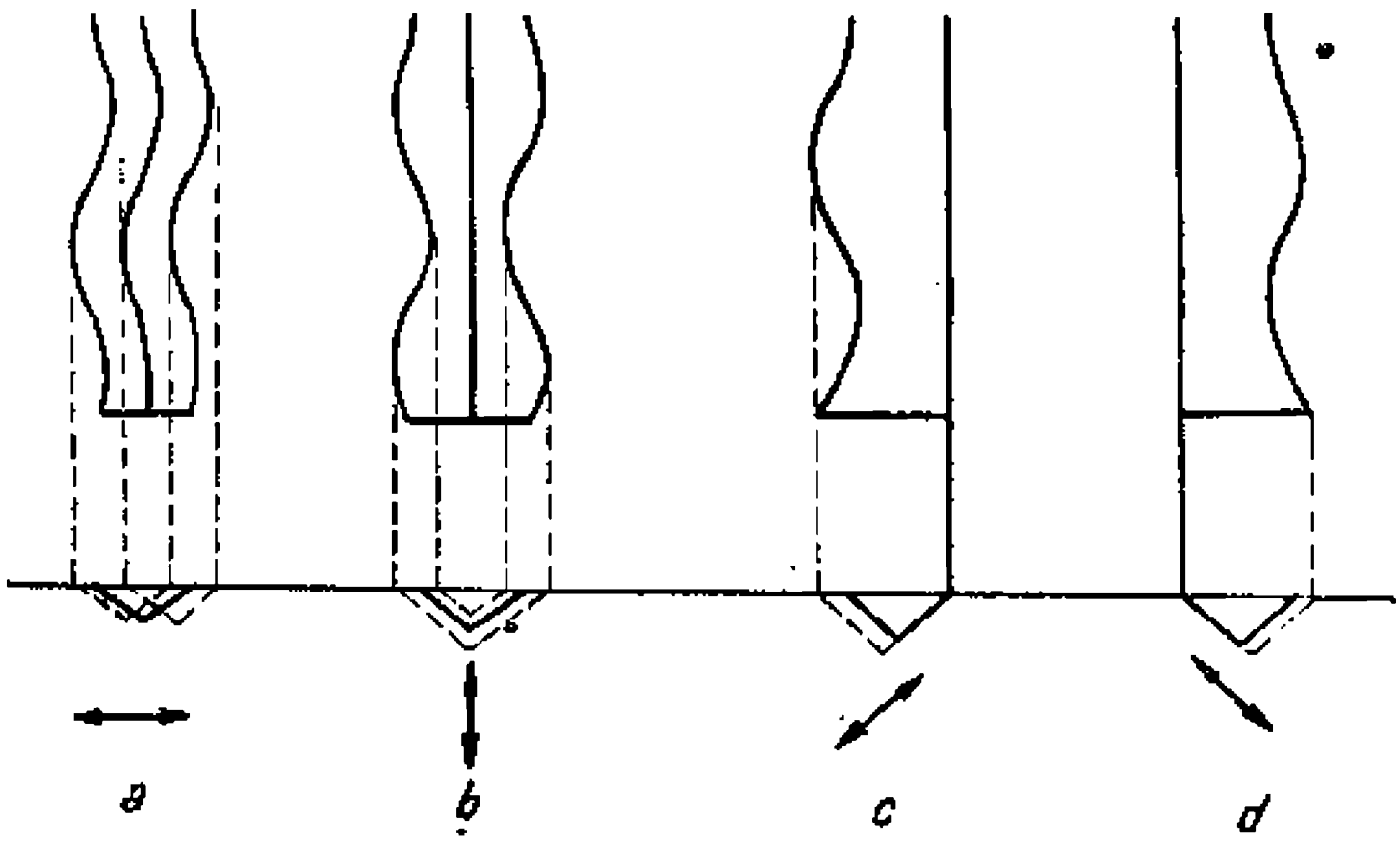


Fig. II.44. Aspectul şanţurilor la discurile stereofonice înregistrate după metoda 0°—90° (*a*, *b*) respectiv 45°—45° (*c*, *d*).

La ambele metode însă șanțul înregistrat prezintă atît variații în adîncime, cît și variații transversale. Dacă variația este numai transversală sau numai în adîncime (ținîndu-se seama de specificul fiecărei metode), se pot trage concluzii importante privind amplitudinile și fazele celor două semnale. Astfel, la metoda 0° — 90° variația în adîncime sau transversală a șanțului este rezultatul funcționării unui singur canal stereofonic, pe cînd la metoda 45° — 45° acest lucru reflectă prezența unor semnale identice ca frecvență și amplitudine, în fază (înregistrare laterală) sau în opoziție de fază (înregistrare în adîncime).

În fig. II.45 sînt reprezentate diversele variante de înregistrare stereofonică pe discuri în cazul în care se folosesc procedeele de înregistrare A, B, X, Y sau M, S; de asemenea se mai indică tipul transductorului de înregistrare (rîndul 2) și al celui de redare (rîndul 3). Se observă că în cazul utilizării unor transductoare pentru redare care nu produc semnalele stereofonice dorite (de exemplu în loc să se obțină canalul A, respectiv B, se obțin suma și diferența acestora) este necesară introducerea unor circuite de tipul celor indicate în fig. II.43.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Înregistrare	Stereofonia de timp și de intensitate		Stereofonia de intensitate				
		A,B	A,B	X,Y	X+Y X−Y	M,S	M,S	M+S M−S
2	Transductor pentru înregistrare	+	×	×	+	+	×	×
3	Transductor pentru redare	+	×	×	×	×	×	+	×
4	Redare	A,B		A,B	X,Y	X,Y	M+S M−S	M+S M−S	M+S M−S

Cu circuit de transformare

Cu circuit de transformare

Fig. II.45. Variante de înregistrare a discurilor stereofonice.

Normări privind sistemul de înregistrare stereofonică pe disc, dimensiunile discurilor, simboluri, conectarea transductorului. Din cele arătate pînă acum rezultă că, indiferent de metoda care s-a adoptat la înregistrarea discului stereofonic, este posibilă redarea acestuia fie cu transductorul de tipul 0° — 90°, fie cu unul de tipul 45° — 45° (eventual prin

intercalarea unui circuit special). Cu toate acestea, s-a căutat ca posesorul unor discuri stereofonice să nu fie pus în situația de a constata în fiecare caz în parte după ce metodă s-a înregistrat discul, cu ce fel de transductor este prevăzut agregatul de redat discuri și dacă are nevoie sau nu de un circuit de transformare. A rezultat astfel necesitatea de a se standardiza procedeele de înregistrare stereofonică pe disc. Așa, de exemplu, s-a prevăzut pentru procedeul A, B o înregistrare care să folosească metoda 45° — 45° și o redare, de asemenea, 45° — 45°. Numai în cazul special cînd este necesară formarea la redare a unei sume și diferența de semnale sonore se înregistrează cu metoda 0° — 90° și se redă cu metoda 45° — 45°.

Normarea se referă și la definirea celor două canale.

Se numește canal drept acela care alimentează difuzorul situat în dreapta ascultătorului și care este acționat numai

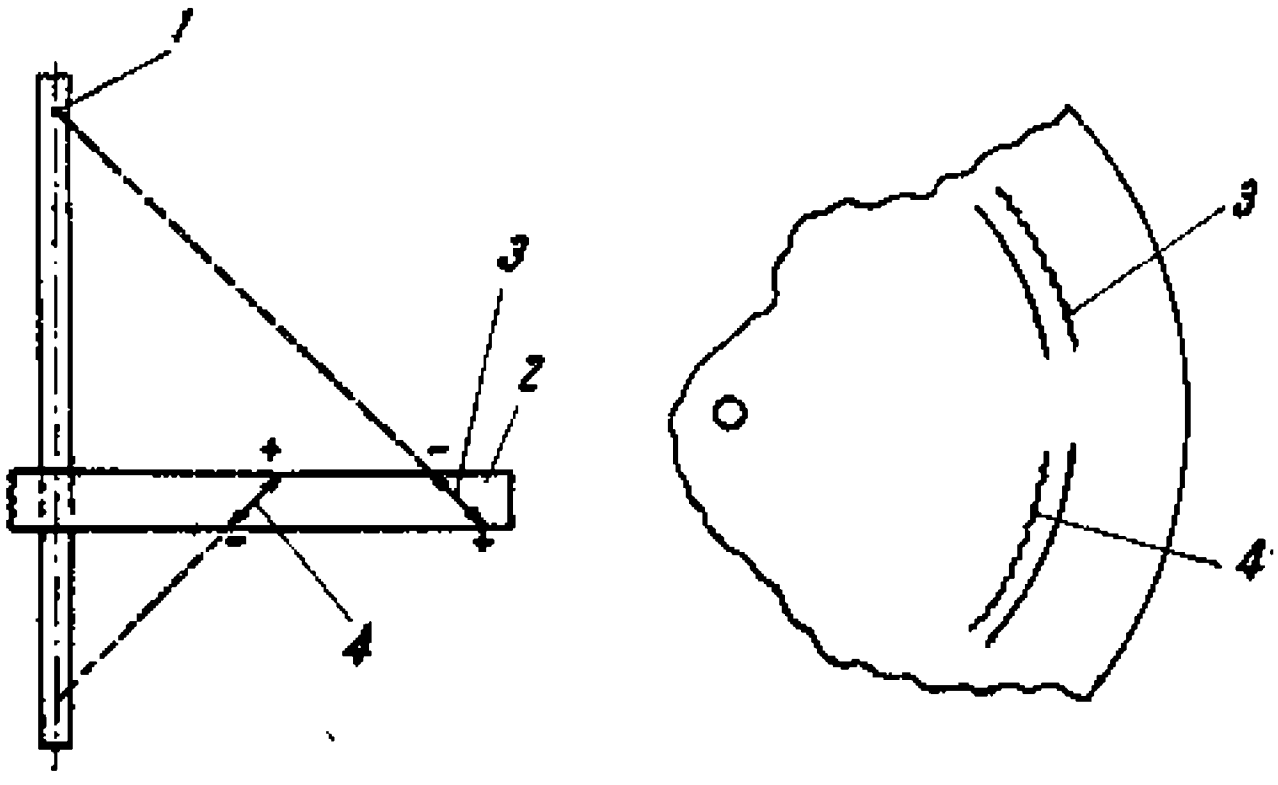


Fig. II.46. Determinarea celor două canale și a fazelor la discurile stereofonice:

1—axul platanului; *2*—platan; *3*—canal dreapta; *4*—canal stînga.

atunci cînd există o mișcare a acului transductorului într-o direcție înclinată cu 45° față de suprafața discului, direcție care ar intersecta axa platanului deasupra acestuia. În mod analog este definit canalul stîng, cu deosebirea că direcția mișcării acului transductorului ar intersecta acul platanului dedesubtul acestuia (fig. II. 46).

O altă normare se referă la faza semnalelor stereofonice, norma adoptată prevăzînd ca mişcarea acului la redare să se facă spre periferia discului pentru amplitudini pozitive şi spre centrul discului pentru amplitudini negative (fig. II.46).

Mai există o serie de alte norme sau recomandări ale Comisiei electrotehnice internaţionale, care se referă la dimensiunile discurilor, viteze, simboluri, modul de conectare a transductorului etc. Astfel, s-a stabilit că pentru anumite viteze se vor fabrica discuri cu dimensiunile indicate în tabela II.1.

Tabela II.1

Viteza nominală de rotaţie, rot/min	Tipul de şanţ	Diametrul nominal al discului, mm	Abaterea vitezei
45	microşanţ	175	+0,75 −0,5
33 $^1/_3$	microşanţ	175	±0,5
33 $^1/_3$	microşanţ	250	±0,5
33 $^1/_3$	microşanţ	300	±0,5

Există, de asemenea, norme şi recomandări privitoare la codul culorilor. Astfel, pentru discul standard s-a ales ca simbol un pătrat de culoare verde, pentru discul microşanţ, un triunghi roşu, iar pentru discul stereofonic, două cercuri albe care se intersectează. Întrebuinţarea aceloraşi culori şi figuri geometrice este recomandată şi pentru indicarea poziţiilor butoanelor de comandă.

Pentru a identifica materialul acului de redare, se recomandă de asemenea folosirea unui cod de culori; astfel, pentru acul de diamant culoarea corespunzătoare este auriu sau galben, iar pentru cel de safir, culoarea argintie.

Conexiunile transductorului de reproducere sînt executate după codul de culori indicat în tabela II.2.

Tabela II.2

Conexiunile transductorului de reproducere

Numărul de conductoare	Canalul	Culoarea conductorului
Cu trei conductoare	canal dreapta canal stînga fir comun sau masă	roşie albă neagră
Cu patru conductoare	canal dreapta canal stînga	roşie şi verde albă şi albastră
Cu cinci conductoare	canal dreapta canal stînga fir comun sau masă	roşie şi verde albă şi albastră neagră

Compatibilitatea discurilor stereofonice. Condiţia de compatibilitate se traduce prin asigurarea următoarelor posibilităţi:

— un agregat de redare stereofonic să poate fi utilizat şi pentru discurile înregistrate după procedeul monofonic;

— un agregat obişnuit să permită redarea unor discuri stereofonice cu o calitate comparabilă cu aceea a unui disc monofonic.

Din punct de vedere practic problema redării discurilor monofonice cu ajutorul unui transductor stereofonic are o importanţă foarte mare. Din cele arătate s-a ajuns la concluzia că un transductor pentru redare stereofonică găseşte la un disc monofonic un semnal sonor, complet în conţinut înregistrat lateral care este descompus în două componente de amplitudini egale care se transmit canalelor drept şi stîng (fig. II.47). Se observă că cele două componente sînt mai mici cu $\sqrt{2}$ decît rezultanta.

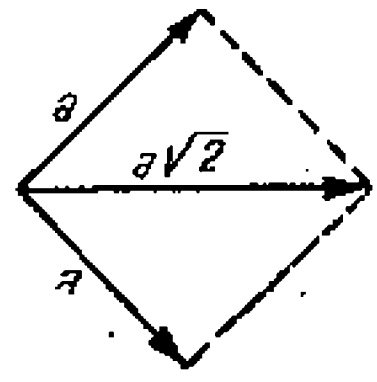


Fig. II.47. Descompunerea unui semnal monofonic în cazul reproducerii cu un transductor stereofonic.

Redarea unui disc stereofonic cu ajutorul unui agregat de redare monofonic este, pe de o parte, o chestiune dificilă, deoarece prezintă riscul de a dispare componenta verticală a înregistrării stereofonice, şi, pe de altă parte, nu

este avantajoasă, datorită costului mai mare al discului stereofonic. De aceea, este recomandabil ca redarea discurilor stereofonice să se facă numai cu transductoare stereofonice.

Transductoare pentru redarea discurilor stereofonice. Realizarea practică a unor transductoare care să permită transformarea semnalelor stereofonice înregistrate pe disc în semnale electrice a pus o serie de probleme mai dificil de rezolvat decît în cazul discurilor monofonice.

Într-adevăr, în cazul redării unor discuri stereofonice nu se pune numai problema ca transductorul să urmărească cu uşurinţă ondulaţiile complexe ale şanţului, ci să efectueze şi o separare a semnalelor stereofonice înregistrate.

Diferitele transductoare pentru redări stereofonice utilizate în momentul de faţă pe scară largă se pot grupa în două categorii : unele, care permit separarea pe cale mecanică a semnalelor stereofonice, categorie din care fac parte transductoarele de tip piezoelectric, şi altele, care oferă posibilitatea de separare a acestor semnale pe cale electrică. În această ultimă categorie se pot înscrie transductoarele de tip magnetic şi electrodinamic. Să considerăm, de exemplu, cazul unui transductor cu cristal (tipul piezoelectric), care funcţionează după sistemul separării mecanice (fig. II.48). Safirul sau diamantul cu care se explorează şanţul este fixat la extremitatea unei bare paralele cu tangenta la şanţ în punctul de contact. Cele două cristale cu ajutorul cărora se obţin semnalele electrice corespunzătoare celor două canale stereofonice sînt fixate cu un capăt la două bare radiale mobile, cealaltă extremitate fiind fixată rigid. Presupunînd că este înregistrat un singur canal — dreapta sau stînga — va fi acţionată bara corespunzătoare acestui canal, care, la rîndul ei, va produce o torsionare a cristalului respectiv. În cazul unei deplasări orizontale a acului, ambele bare se vor mişca simultan şi în acelaşi sens. Pentru o deplasare pe verticală a acului de redare, mişcările simultane ale celor două bare radiale se vor produce în sens opus (una în sensul acelor unui ceasornic şi cealaltă invers). Acest mod de mişcare a barelor radiale este determinat de faza semnalelor sonore înregistrate. S-a arătat mai înainte că variaţia în lăţime a şanţului este rezultatul acţionării unor semnale electrice în fază, ceea ce se traduce prin mişcarea în acelaşi sens a barelor; variaţia în adîncime este rezultatul acţionării unor semnale electrice în opoziţie de fază, de unde a rezultat şi mişcarea în sens opus a acestor bare.

Cele două semnale stereofonice fiind astfel separate, transformarea lor în semnale electrice este posibilă prin intermediul celor două cristale. Într-adevăr, rotirea celor două bare provoacă torsionarea cristalelor, ceea ce înseamnă — urmînd legile fenomenului piezoelectric — apariția unor semnale electrice corespunzătoare.

Tipul de transductor descris permite deci separarea sem-

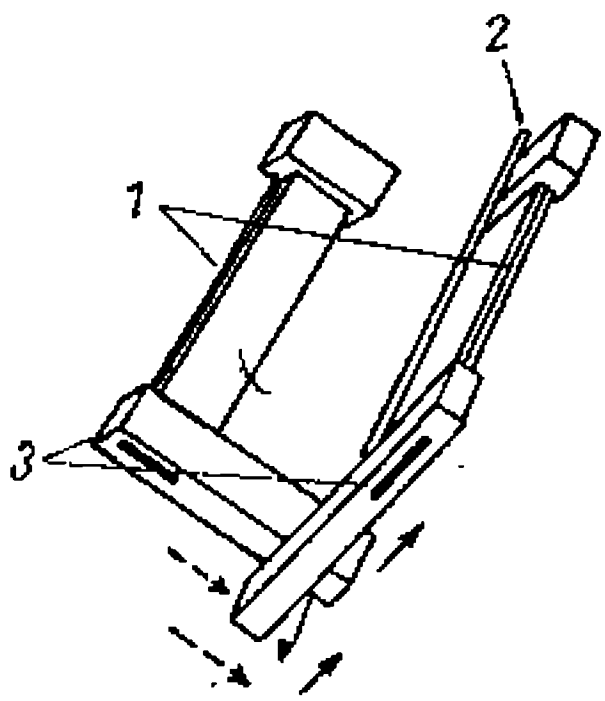


Fig. II.48. Transductor piezoelectric pentru redarea discurilor stereofonice:

1 — cristale; *2* — piesele de fixare ale cristalelor; *3* — bare mobile.

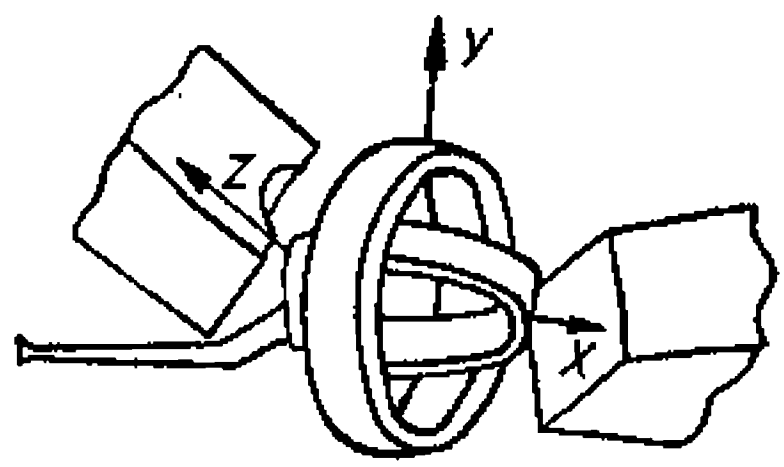


Fig. II.49. Transductor stereofonic electrodinamic pentru redarea discurilor.

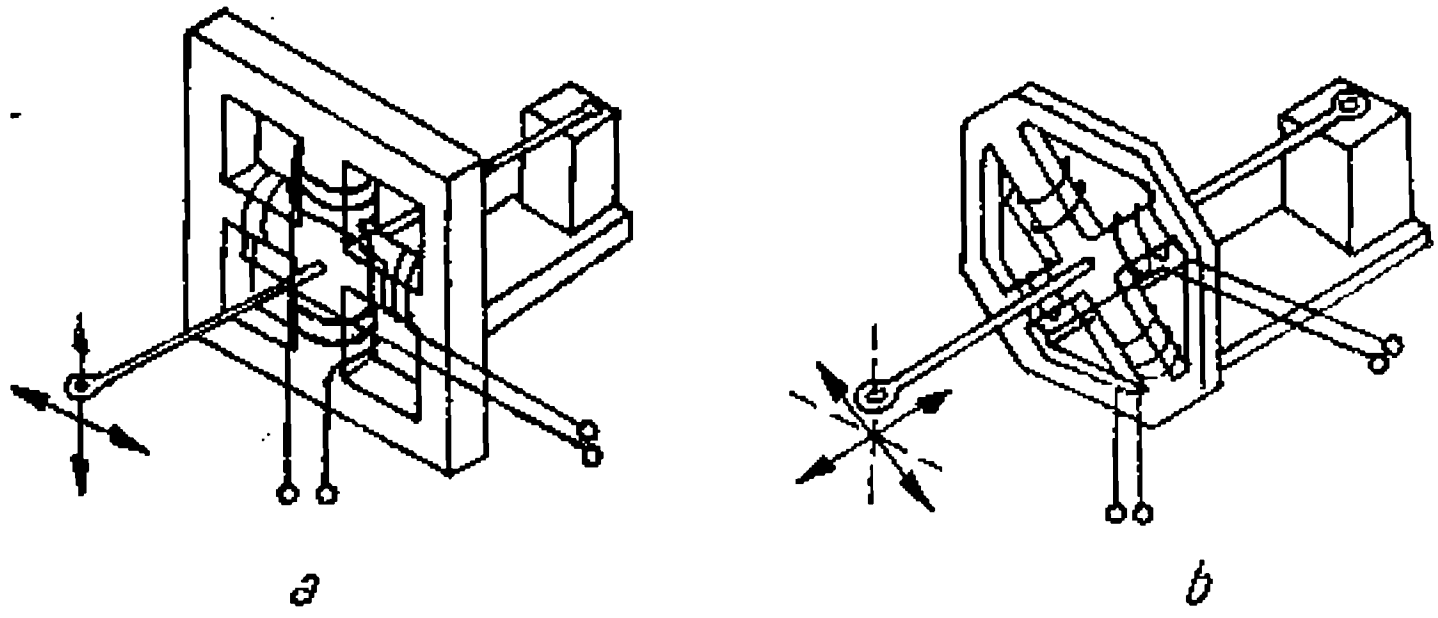
nalelor stereofonice pe cale mecanică. Separarea se poate obține și pe cale electrică, dacă se utilizează un dispozitiv electrodinamic ca cel din fig. II.49. Transductorul din această figură este prevăzut cu două bobine mobile dispuse în unghi drept una față de cealaltă, ambele fiind solidare cu o bară orizontală care poartă safirul și care este așezată la intersecția planurilor în care sînt amplasate cele două bobine. Întregul sistem este montat într-un cîmp magnetic paralel cu bara care poartă safirul.

Dacă se înregistrează un singur canal, cel drept de exemplu, atunci va fi acționată numai bobina situată inițial în planul $Z\,X$, care suferă o mișcare de rotație în jurul axei OX, schimbîndu-și în acest fel planul. Cealaltă bobină, care corespunde celuilalt canal și care este situată în planul $Z\,Y$, se va roti și ea, rămînînd totuși în planul în care era situată inițial. Prin urmare, numai bobina situată în planul $Z\,X$ va tăia liniile de forță magnetice, permițînd astfel o transformare a semnalelor înregistrate în semnale electrice.

În mod analog, în cazul în care se înregistrează numai pe canalul drept, bobina situată în planul $Z\,Y$ va fi aceea care

va permite transformarea semnalului sonor înregistrat în semnal electric.

Înregistrarea pe ambele canale va provoca deplasarea ambelor bobine în planuri diferite de cele inițiale, permițîndu-se astfel separarea celor două semnale stereofonice



a *b*

Fig. II.50. Transductoare stereofonice cu reluctanță variabilă pentru redarea discurilor.

Un alt sistem care permite separarea pe cale electrică a semnalelor stereofonice înregistrate este de tipul celor indicate în fig. II.50. Acesta, spre deosebire de primul sistem, folosește variația reluctanței. În fig. II. 50, *a* și *b* sînt reprezentate două transductoare care se bazează pe acest principiu și care sînt folosite în sistemul 0° — 90°, respectiv în sistemul 45° — 45°.

Separarea semnalelor stereofonice înregistrate se face în acest caz în modul următor : bara pe care este montat acul de redare face parte atît din circuitul magnetic pentru canalul din dreapta, cît și din circuitul magnetic destinat canalului din stînga. Cînd este înregistrat un singur canal, bara va căpăta o astfel de mișcare încît va modifica numai reluctanța întrefierului circuitului magnetic respectiv. Dacă însă sînt înregistrate ambele canale, se schimbă reluctanța ambelor întrefieruri. Acest lucru se observă bine în fig. II.50 și II.51. Înfășurările *1* și *3* situate pe piesele polare ale unui magnet sînt legate în serie.

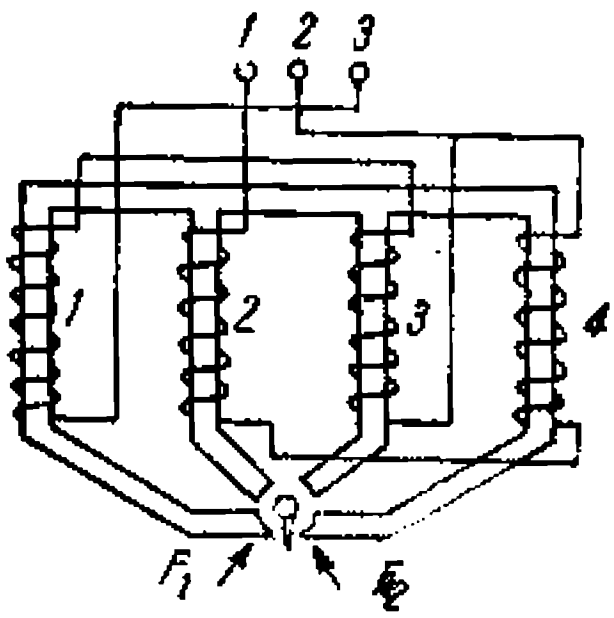


Fig. II.51. Schema de principiu a transductorului din fig. II.50.

Aceste piese polare sînt perpendiculare pe acelea corespunzătoare înfăşurărilor *2* şi *4* care de asemenea sînt legate în serie. O deplasare a barei care susţine acul de redare în direcţia săgeţii F_1 produce o variaţie a reluctanţei în circuitul magnetic *1—3*. În mod asemănător, o deplasare în direcţia F_2 creează o variaţie a reluctanţei în circuitul magnetic *2—4*. Deci acest tip de transductor — cu reluctanţă variabilă — comportă bobinaje fixe în care tensiunea utilă este produsă prin variaţia întrefierului din circuitul magnetic. Armătura mobilă — respectiv tija pe care este fixat acul de redare — determină mărirea fluxului magnetic în piesa polară de care se apropie.

Indiferent de transductorul cu care se face redarea discului stereofonic, este necesar ca acesta să asigure o serie de condiţii, cum ar fi :

— calitatea bună a audiţiei stereofonice;
— uzura minimă a discului şi a acului;
— calitate satisfăcătoare pentru redările monofonice;
— micşorarea la minimum a influenţei factorilor mecanici.

Greutatea elementului transductor prezintă o deosebită importanţă pentru realizarea condiţiilor de mai sus. Astfel, o greutate mică a acestuia asigură o mişcare normală a acului de redare în şanţ, micşorînd pericolul de uzură şi de deformare a şanţului. Acesta este şi motivul pentru care este necesară reglarea la o valoare optimă a presiunii exercitate de transductoare asupra discului. Datorită importanţei acestei presiuni, fabrica constructoare de agregate de redat discuri o menţionează printre datele tehnice. Dacă se constată totuşi că este necesară o presiune mai mare decît cea indicată, trebuie să se verifice cu îngrijire modul în care se mişcă braţul care susţine elementul transductor şi, mai ales, să se stabilească dacă platanul, pe care este aşezat discul, este orizontal. Buna funcţionare a agregatului de redat discuri este condiţionată de asigurarea unui platan orizontal şi a unui paralelism între faţa interioară a transductorului şi suprafaţa discului.

Alţi factori care influenţează calitatea transductorului sînt:

— poziţia acului de redare; reglarea defectuoasă a poziţiei acestuia poate produce distorsiuni la redare;

— formele diferite ale acelor de redare şi înregistrare; această problemă se pune şi la redarea discurilor monofonice, ea fiind totuşi mai complexă în cazul redării discurilor stereofonice;

— complianța resortului care susține acul și care trebui să asigure o deplasare ușoară a acestuia pe verticală și p orizontală.

Agregate pentru redarea discurilor stereofonice. D punct de vedere al complexității și al posibilității lor d redare, pot fi deosebite următoarele două categorii de agr gate pentru redarea discurilor stereofonice :

— Agregate complexe, cu două amplificatoare și cu dou difuzoare, cele două difuzoare fiind fixate fie pe un singu panou, fie pe panouri diferite. În acest ultim caz, difuzoare pot fi amplasate la o distanță optimă, pentru a obține bună audiție stereofonică. În această categorie intră agregatele care asigură o calitate superioară a audiției fiind prevăzute cu elemente corectoare și casete cu difuzoar de calitate etc.

— Agregate simple, care comportă un transducto stereofonic, un singur lanț de amplificare și o priză pentr conectarea unui amplificator exterior.

În cele ce urmează sînt descrise cîteva tipuri de agregate care pot fi incluse fie într-o categorie, fie în alta, prezentîn du-se și principalele lor caracteristici tehnice.

a) Agregatul de tip semiprofesional de fabricați Philips. Acesta posedă patru viteze : 16 $^{2}/_{3}$, 33 $^{1}/_{3}$, 45 și 7 rotații pe minut și permite folosirea a două dintre tipuril de transductoare amintite mai sus : piezoelectrice cu ac d safir sau diamant și cu reluctanță variabilă cu ac de diamant

Transductorul piezoelectric comportă două lame di sare Seignette, paralele (fig. II.52). La un capăt lamele sîn fixate rigid, capătul celălalt al celor două lame fiind monta într-o piesă de legătură din material plastic în formă de W Această piesă permite transformarea mișcărilor acului p verticală sau orizontală în torsiuni ale celor două cristal (fig. II.53).

După cum s-a mai arătat, tensiunea obținută la bornel unui element de cristal este proporțională cu torsiunea car i se aplică. În fig. II.53 este reprezentată în detaliu funcțio narea transductorului în patru cazuri, și anume : cînd trans ductorul nu lucrează (fig. II.53, *a*), cînd acționează asupr peretelui drept (fig. II.53, *b*) sau stîng (fig. II.53, *c*) al șan

ţului, cînd acţionează asupra ambilor pereţi (fig. II.53, *d*). Caracteristicile tehnice ale acestui transductor sînt următoarele:

— tensiunea de ieşire, 120 mV;

— rezistenţa de sarcină, 0,5 MΩ pentru fiecare canal;

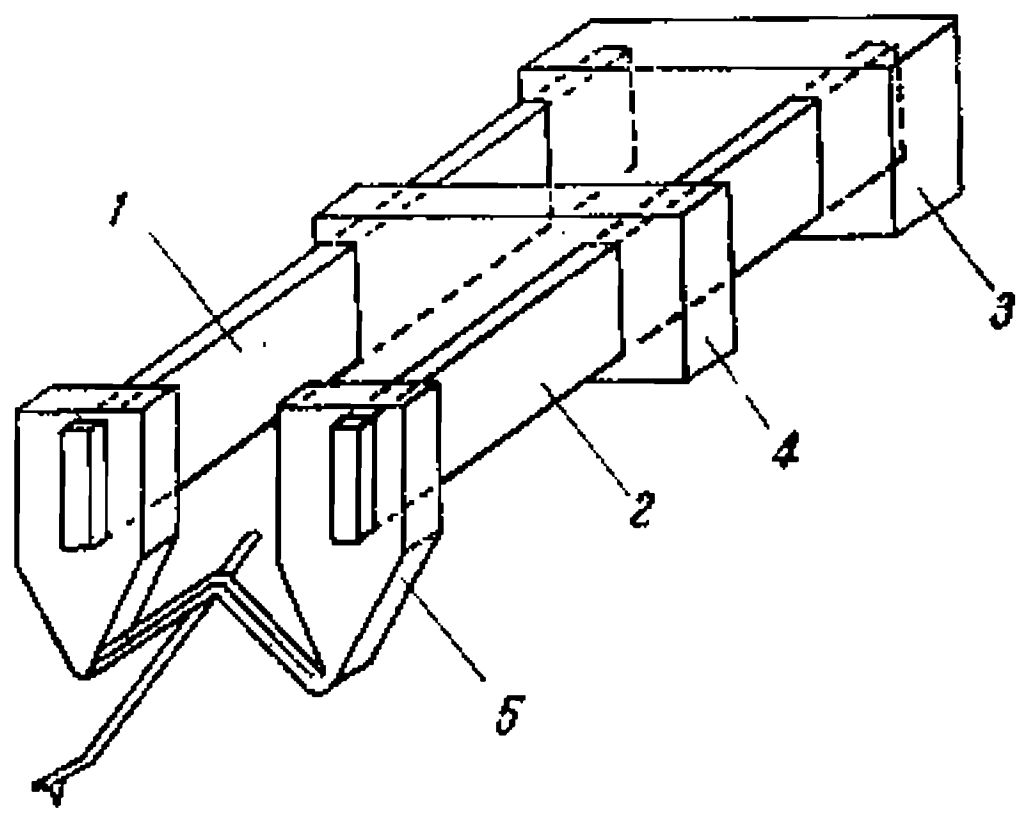


Fig. II.52. Transductorul piezoelectric de fabricaţie Philips pentru redarea discurilor stereofonice:
1, *2* — cristale; *3*, *4* — piese de prindere; *5* — piese mobile.

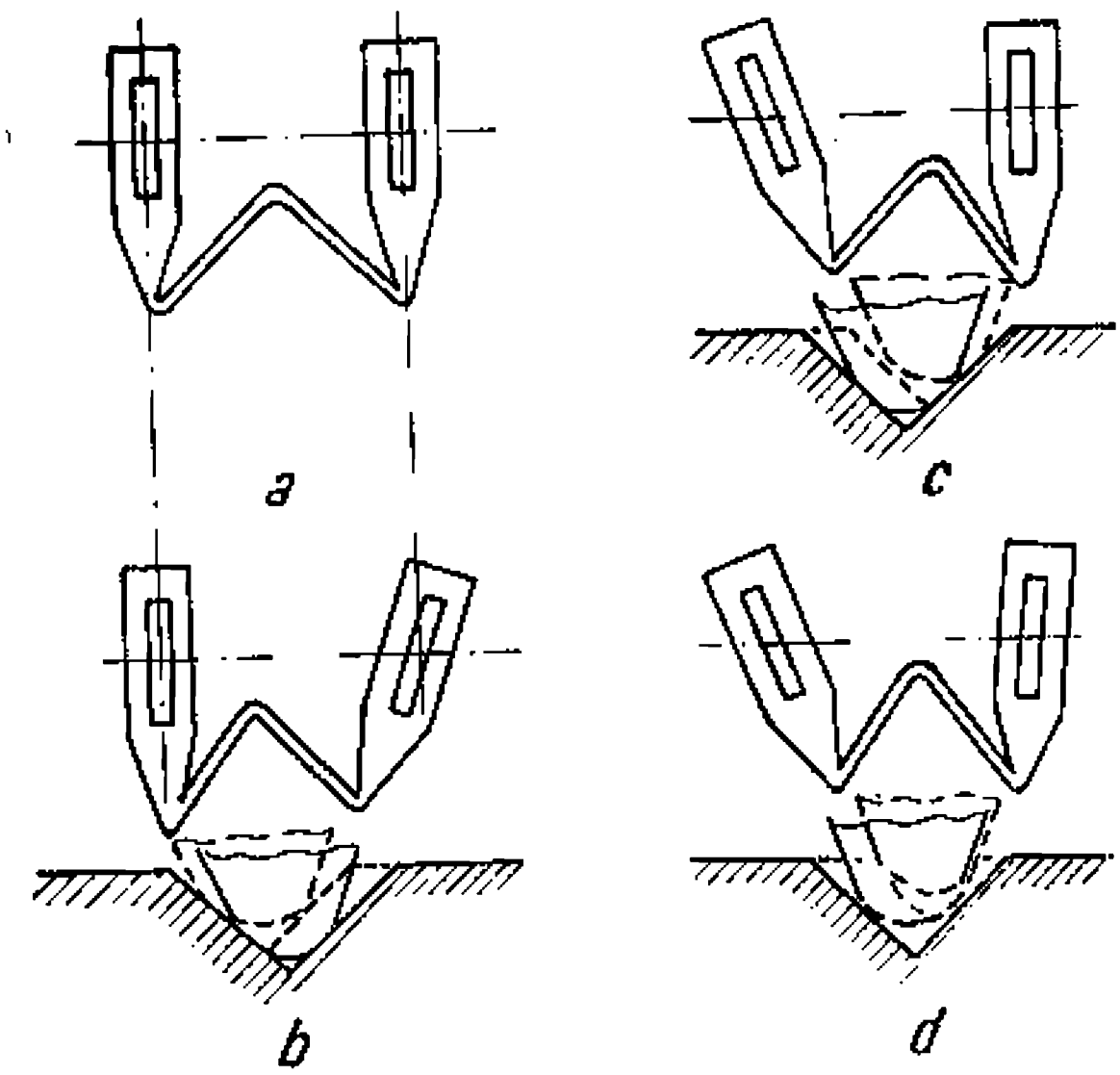


Fig. II.53. Modul de funcţionare a transductorului din fig. II.52.

— capacitate, 1 500 pF;
— coeficient de elasticitate laterală, $3 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn
— coeficient de elasticitate verticală, $2 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn
— forța exercitată de ac, 4—6 g;
— diafonia între canale, mai mică decît —20 dB l 1 000 Hz;
— raza de curbură a acului, 18 μ.

Transductorul cu reluctanță variabilă este de tipu celui indicat în fig. II.50.

Caracteristicile de frecvență ale transductorului pi zoelectric sînt reprezentate în fig. II.54.

Aceste curbe au fost ridicate prin modularea unt singur canal. Curba *1* reprezintă tensiunea la borne pentr canalul în funcțiune, iar curba *2*, pentru celălalt cana Distanțele între cele două curbe dau valorile diafoniei dintr cele două canale în funcție de frecvență.

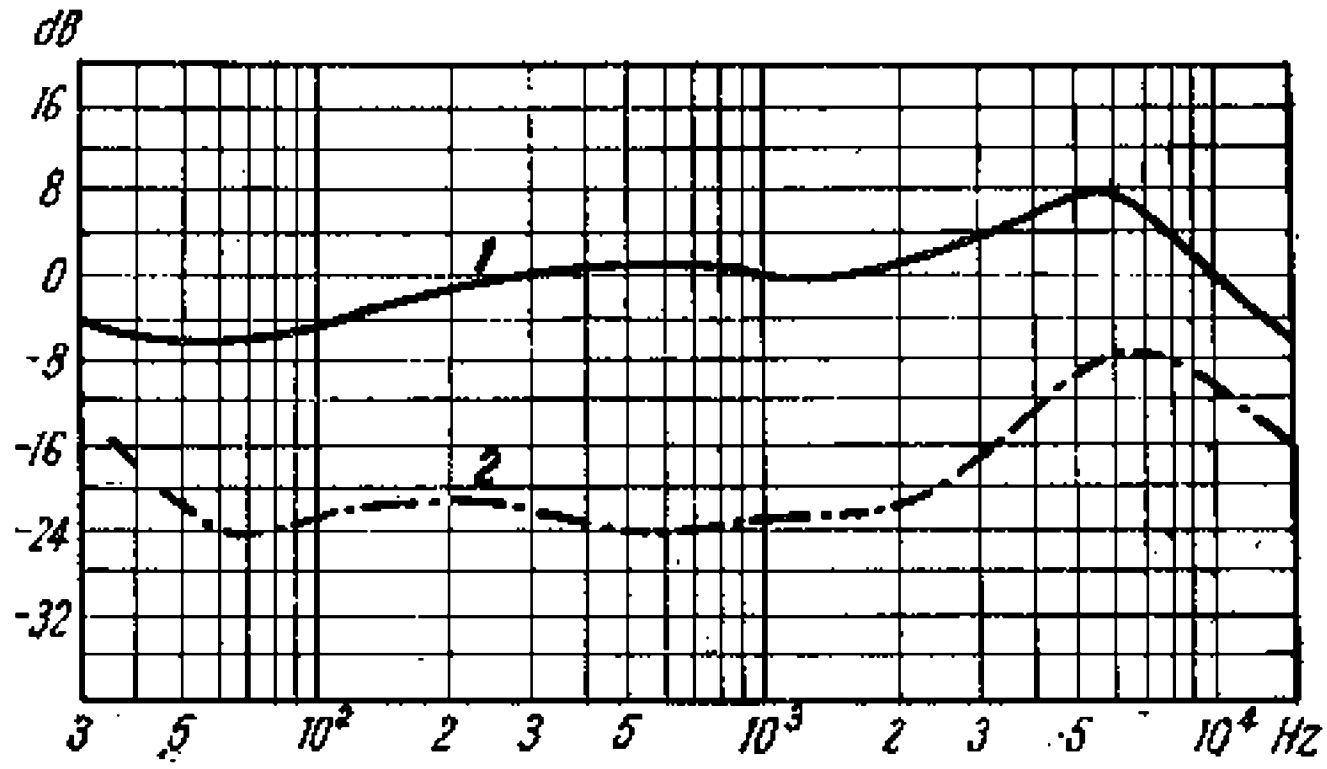


Fig. II.54. Caracteristicile de frecvență pentru transductoarele piezoelectrice.

Fiecare canal este prevăzut cu cîte un lanț de amplificare, compus dintr-un preamplificator cu două tuburi EF86 și ECC83 și un amplificator de putere cu trei tuburi (ECC83 și două tuburi EL86). În afară de intrările pentru redări de discuri (tensiuni de intrare 6,5 mV, corespunzătoare celei magnetodinamice, și 150 mV, corespunzătoare celei piezoelectrice), amplificatorul mai este prevăzut cu o intrare pentru magnetofon (tensiune de intrare 650 mV) și o intrare pentru radioreceptor (tensiune de intrare 350 mV).

Valorile tensiunilor indicate permit obținerea unei puteri maxime de 10 W cu distorsiuni mici (1%). În fig. II.55 este reprezentată schema acestui lanț de amplificare. Preamplificatorul este prevăzut cu un tub EF 86, al cărui rol este de a asigura egalizarea caracteristicii de frecvență de la înregistrare (conform standardului R.I.A.A.). Pentru conectarea transductorului piezoelectric, care produce o tensiune mult mai mare decît cel cu reluctanță variabilă, se introduce o rețea divizoare formată din rezistențele $R_{43} = 100$ kΩ și $R_{45} = 3{,}9$ kΩ (trecerea pe rețeaua divizoare este posibilă cu ajutorul comutatorului I_3). Corecția R.I.A.A. este realizată prin intermediul unei reacții negative selective între anodul și grila acestui tub. Pentru echilibrarea nivelurilor celor două canale, s-au prevăzut potențiometrele R_{52} și R_{152} în serie cu rezistențele R_{53} și R_{153}. Urmează tubul dublu ECC 83, ale cărui triode sînt montate în cascadă. Prin intermediul unui filtru trece-sus și al unei reacții negative, se obține o curbă de răspuns liniară, pînă în jurul frecvenței de 25 Hz, după care se produce o scădere bruscă de 18 dB/octavă. Dispozitivul corector dintre primul tub și al doilea tub ECC 83 permite corectarea caracteristicii de frecvență conform curbelor trasate în fig. II.56.

Amplificatorul de putere, care este compus dintr-un tub ECC83 și două tuburi EL86, permite obținerea unei puteri de 10 W. În paralel cu difuzorul canalului drept este conectat un bec cu neon, care se aprinde în momentul atingerii tensiunii de 90 V. Aprinderea becului la această valoare se poate regla cu ajutorul rezistenței R_{42}. În acest fel se avertizează că o creștere a nivelului peste cel corespunzător tensiunii de 90 V ar duce la o mărire a factorului de distorsiuni.

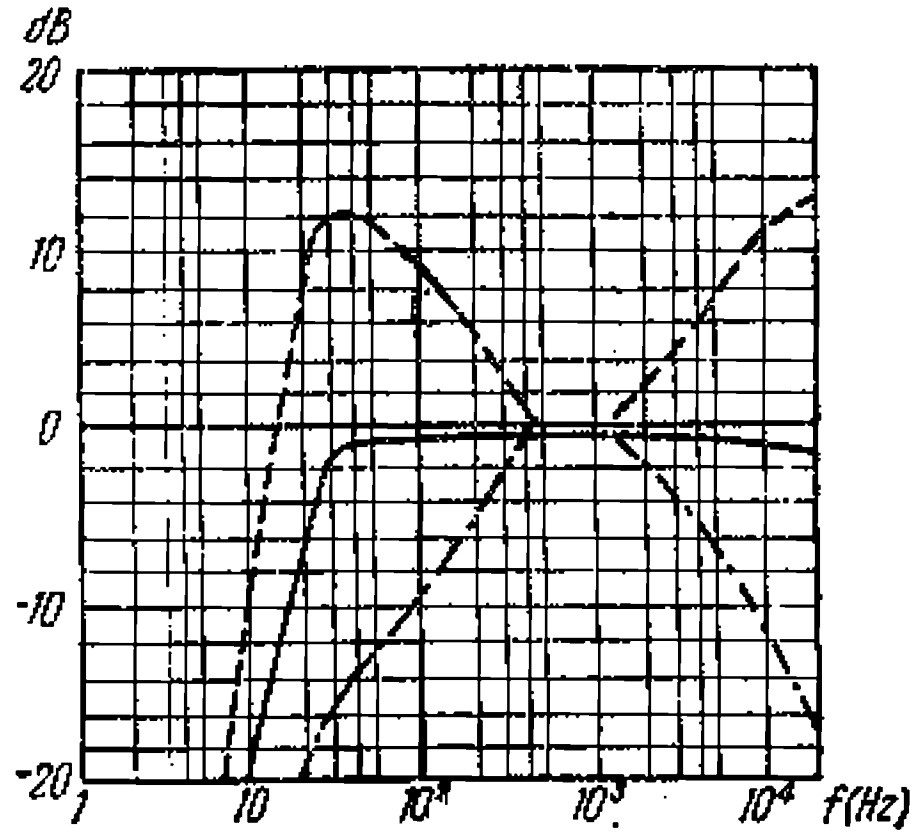


Fig. II.56. Curbele de corecție ale amplificatorului din fig. II.55.

b) Un alt agregat de tip semiprofesional este cel de construcție sovietică PI'-4C, prevăzut cu două canale de amplificare independente și complete, cu caracteristici tehnice asemănătoare lucrînd pe trei viteze: 78, 4 și $33^1/_3$ rot/min. Datorită brațului său de construcție specială, poate fi folosit și pentru redarea discurilor de lungă durată. Calitatea sa este determinată de următoarele caracteristici: puterea pentru fiecare canal, 2 W; banda de frecvențe în care lucrează amplificatorul, 100—10 000 Hz, asigurînd un factor de distorsiuni mai mic sau cel mult egal cu 3%. Fluctuația de viteză nu depășește 0,2%, nivelul de zgomot, 45 dB, iar atenuarea datorită diafoniei, 25 dB. Puterea consumată de la rețea este de 60 W, putînd fi alimentat cu tensiunea de 127 sau 220 V. Schema (fig. II.57) cuprinde cîte două tuburi pentru fiecare canal, respectiv 6H2П și 6П14П.

Amplificatorului i se aplică o puternică reacție negativă care ajută la micșorarea distorsiunilor neliniare. Reacția este reglabilă cu ajutorul potențiometrului R_3 și R_4. Nivelul sonor este de asemenea reglabil prin intermediul potențiometrelor R_1 și R_2.

c) În afară de agregatele ce posedă două canale electroacustice complete, există agregate numite adaptabile. Din categoria acestora face parte agregatul fabricat de firma Telefunken, denumit Musikus 5V, care este prevăzut cu un transductor piezoelectric, cu două safire, permițînd atît redarea discurilor stereofonice microșanț, cît și a celor standard pe viteza de 78 rot/min. În funcționarea sa, agregatul asigură o atenuare a diafoniei între canale de 20 dB la 1 000 Hz. Este de menționat că în brațul acestui agregat se poate introduce atît transductorul stereofonic de tip T20/2, cît și cel monofonic de tip T10/2.

În schema amplificatorului reprezentată în fig. II.58 se poate observa că pentru reproducerea stereofonică este necesară acționarea comutatorului *M*, *S* („mono-stereo"), care conectează amplificatorul propriu pe canalul stîng. Canalul drept se poate conecta prin intermediul prizei *P*, fie la un amplificator de putere suplimentar, fie la un radioreceptor. Schema amplificatorului arată că este posibilă corectarea frecvențelor joase și înalte.

Adaptarea agregatelor monofonice de redat discuri ca agregate stereofonice. Pentru ca posesorul unui agregat monofonic să aibă posibilitatea reproducerii unor discuri

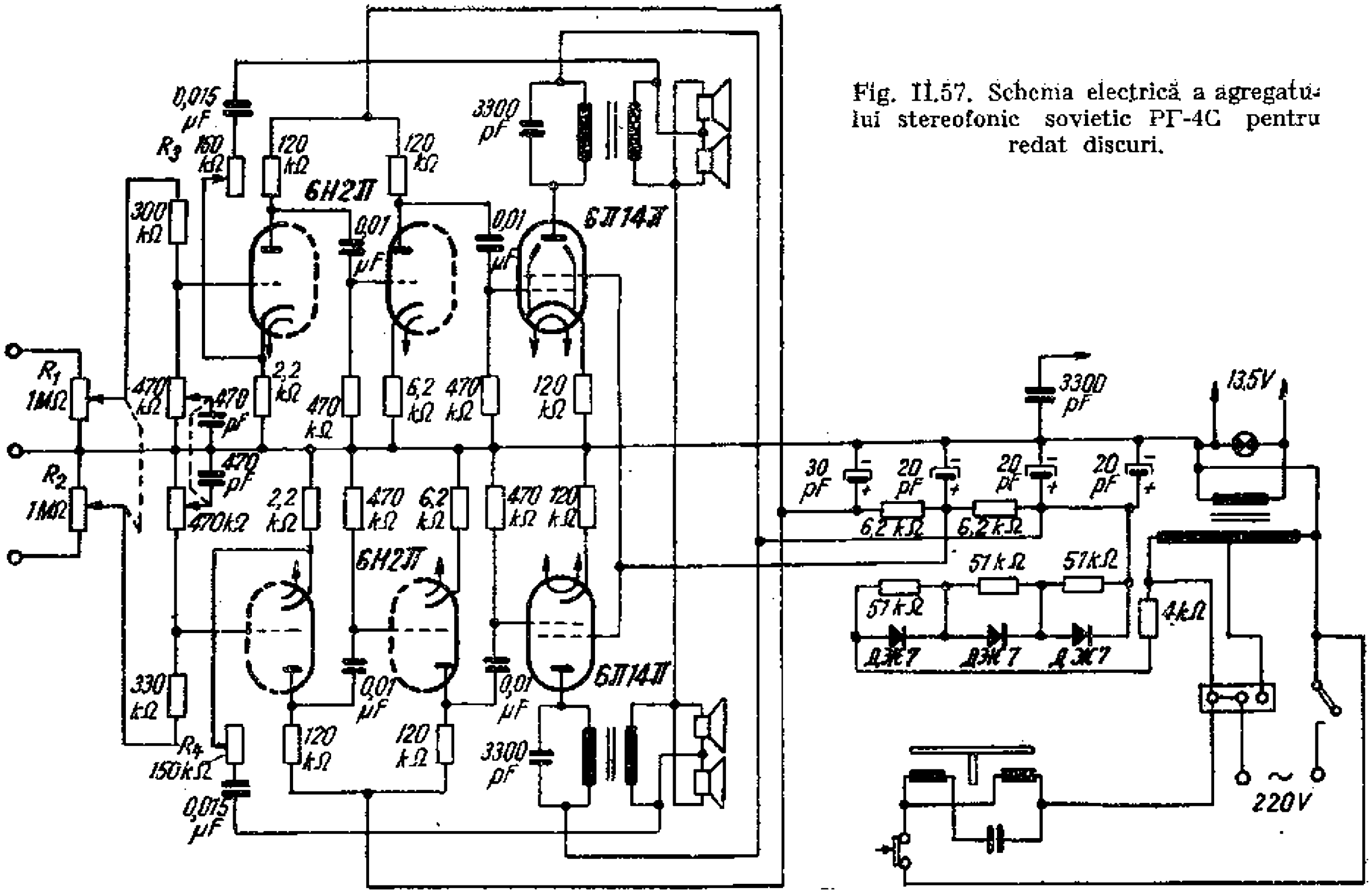
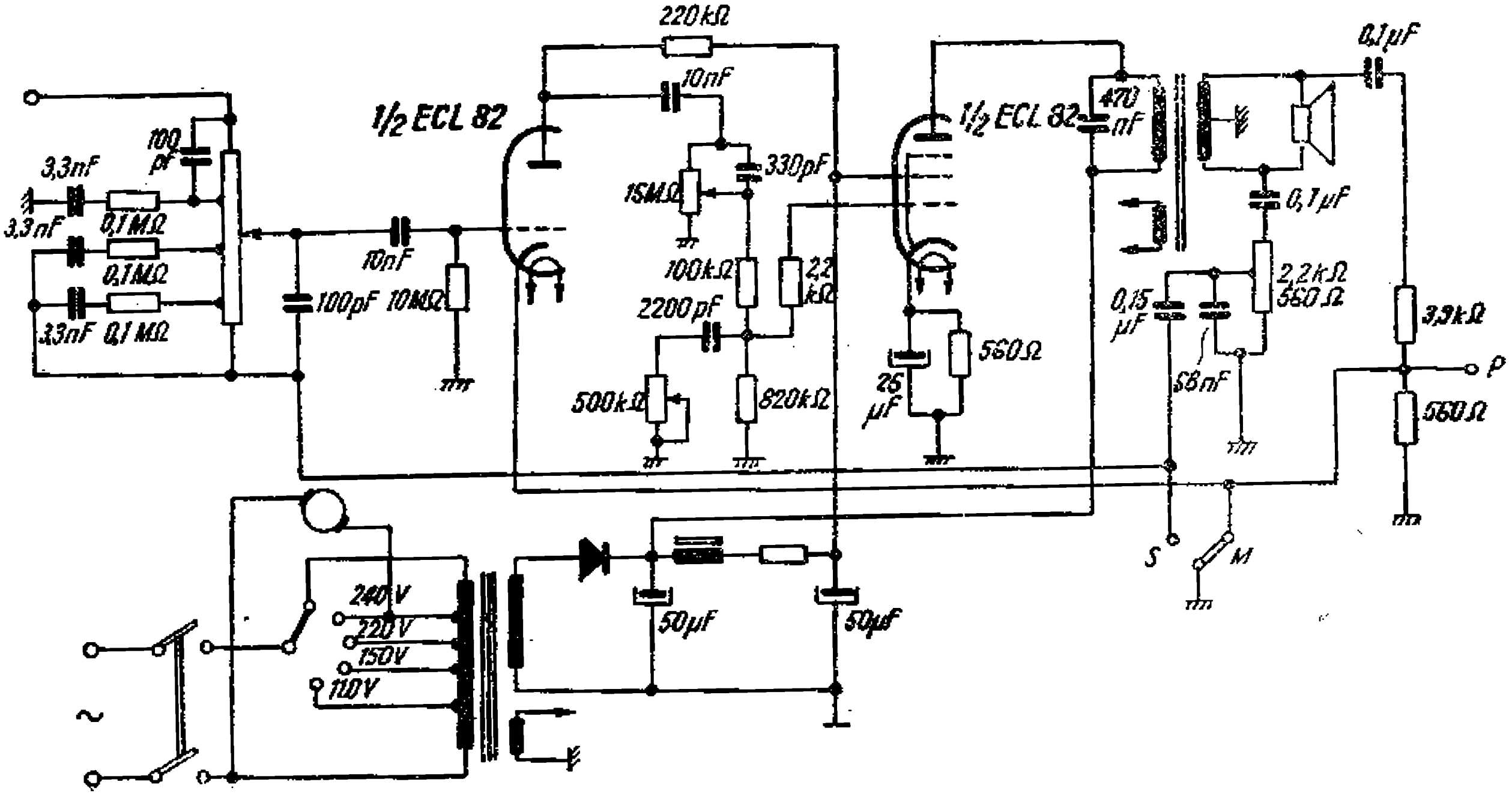


Fig. II.57. Schema electrică a agregatului stereofonic sovietic РГ-4С pentru redat discuri.


220kΩ
10nF
1/2 ECL 82
330pF
15MΩ
100kΩ
2200pF
500kΩ
820kΩ
10nF
100pF
10MΩ
1/2 ECL 82
470 nF
560Ω
25 µF
0,1µF
0,1µF
2,2kΩ
560Ω
0,15 µF
56nF
3,3kΩ
560Ω
P
S
M
3,3nF
100 pF
3,3nF
0,1MΩ
0,1MΩ
3,3nF
0,1MΩ
240V
220V
150V
110V
50µF
50µF

stereofonice, este necesar să adapteze agregatul său în vederea acestui scop. Dacă adaptarea se face cu multă îngrijire, este posibilă obținerea unei calități satisfăcătoare a audiției stereofonice. Agregatul monofonic comportă, după cum se știe, un singur canal de redare compus din transductor, preamplificator, amplificator de putere și un difuzor sau un ansamblu de difuzoare.

Agregatul stereofonic este prin definiție dublul celui monofonic. Trecerea de la cel monofonic la cel stereofonic comportă două operații esențiale, și anume:

— înlocuirea transductorului monofonic cu unul stereofonic;

— adaptarea unui amplificator la cel de al doilea canal al transductorului.

Efectuarea acestor operații necesită rezolvarea de către cel care face adaptarea a unor probleme de electroacustică. Una dintre aceste probleme este aceea a zgomotelor parazite de foarte joasă frecvență. Se știe că rezonanța mecanică a brațului care poartă transductorul poate pune mai mult în evidență aceste zgomote. Valorile amplitudinilor la rezonanță sînt suficient de mari și se întind pe o bandă relativ mare în domeniul frecvențelor joase. O soluție ar fi mărirea masei brațului pentru a coborî frecvența de rezonanță, însă în acest fel crește presiunea pe care o exercită acul asupra șanțului. De aici a rezultat necesitatea obținerii unui compromis, și acesta a fost motivul care a determinat pe constructorii de agregate de redat discuri să prevadă la brațul care poartă transductorul un element de reglaj al presiunii pe care o exercită acul asupra șanțului. O altă soluție este aceea de a introduce filtre trece-sus care să taie zgomotele de frecvență joasă.

Tot pentru înlăturarea zgomotelor perturbatoare, este necesar să se menționeze că se recomandă înlocuirea transductorului monofonic cu unul stereofonic de același tip. Așa, de exemplu, dacă agregatul monofonic era prevăzut cu un transductor piezoelectric, care este mai puțin sensibil la aceste zgomote, este preferabil să fie înlocuit cu un transductor stereofonic, tot piezoelectric.

O altă problemă care trebuie rezolvată în momentul adaptării agregatului monofonic este aceea a fazelor. După cum s-a arătat anterior, respectarea fazelor în tot lanțul electroacustic asigură o audiție nedeformată. De aceea, diferitele subansambluri trebuie astfel conectate din punct

de vedere electric încît pe parcurs să nu se producă o inversiune a conductoarelor de legătură.

Pentru micşorarea zgomotelor parazite, trebuie să se ţină seama de modul cum se realizează amplificarea. După cum s-a observat, transductoarele de tip magnetic cu o reluctanţă variabilă sau cu bobină mobilă dau o tensiune de ieşire de ordinul 1—2 mV. Spre deosebire de acestea, transductoarele de tip piezoelectric dau o tensiune de ieşire mai mare de 100 mV. De aci rezultă că pentru primul caz este necesar un preamplificator, pe cînd pentru al doilea caz semnalul electric se poate aplica direct unui etaj final. Elementul de amplificare adiţional, care constituie cel de-al doilea canal al agregatului de redat discuri modificat, trebuie să respecte regulile generale menţionate mai sus. El va avea caracteristici pe cît posibil asemănătoare cu cel existent în agregat. În fig. II.59 este reprezentat un preamplificator, prevăzut cu un comutator care permite selectarea unor programe produse, de exemplu, de un radioreceptor sau un magnetofon. Schema foloseşte tubul ECC 83. Între cele două jumătăţi ale acestui tub sînt circuite care permit corectarea frecvenţelor înalte şi joase (potenţiometre 1 şi 0,5 MΩ).

Caracteristicile de frecvenţă ale discurilor la înregistrare şi la redare. Prin caracteristica de înregistrare a unui disc se înţelege variaţia cu frecvenţa a vitezei de înregistrare v. Legătura între această viteză şi deplasarea a a şanţului, în urma modulării sale, este reprezentată de relaţia

$$v = a \cdot \omega \ [\mathrm{cm} \cdot \mathrm{s}^{-1}], \qquad \text{(II.12)}$$

în care $\omega = 2\pi f$.

Din această relaţie, se observă că nu se poate obţine o variaţie liniară a vitezei la frecvenţe joase, deoarece, în acest caz, ar rezulta pentru a valori mari. Aceasta ar duce la mărirea distanţei între şanţuri, ceea ce implică o micşorare a duratei la redare a discului. Din această cauză s-a ales o curbă de variaţie a vitezei de înregistrare care să scadă cu frecvenţa. Începînd de la 500 Hz pînă în jurul frecvenţei de 50 Hz, amplitudinea vitezei scade cu frecvenţa cu aproximativ 6 dB pe octavă, ceea ce înseamnă că la 50 Hz se va obţine un nivel cu circa 20 dB mai mic decît cel de la 500 Hz. La frecvenţele înalte, mărirea amplitudinii vitezei în timpul înregistrării este compensată în mod corespunzător la redare, astfel încît să se obţină o caracteristică de frecvenţă globală liniară. În acest fel se îmbunătăţeşte

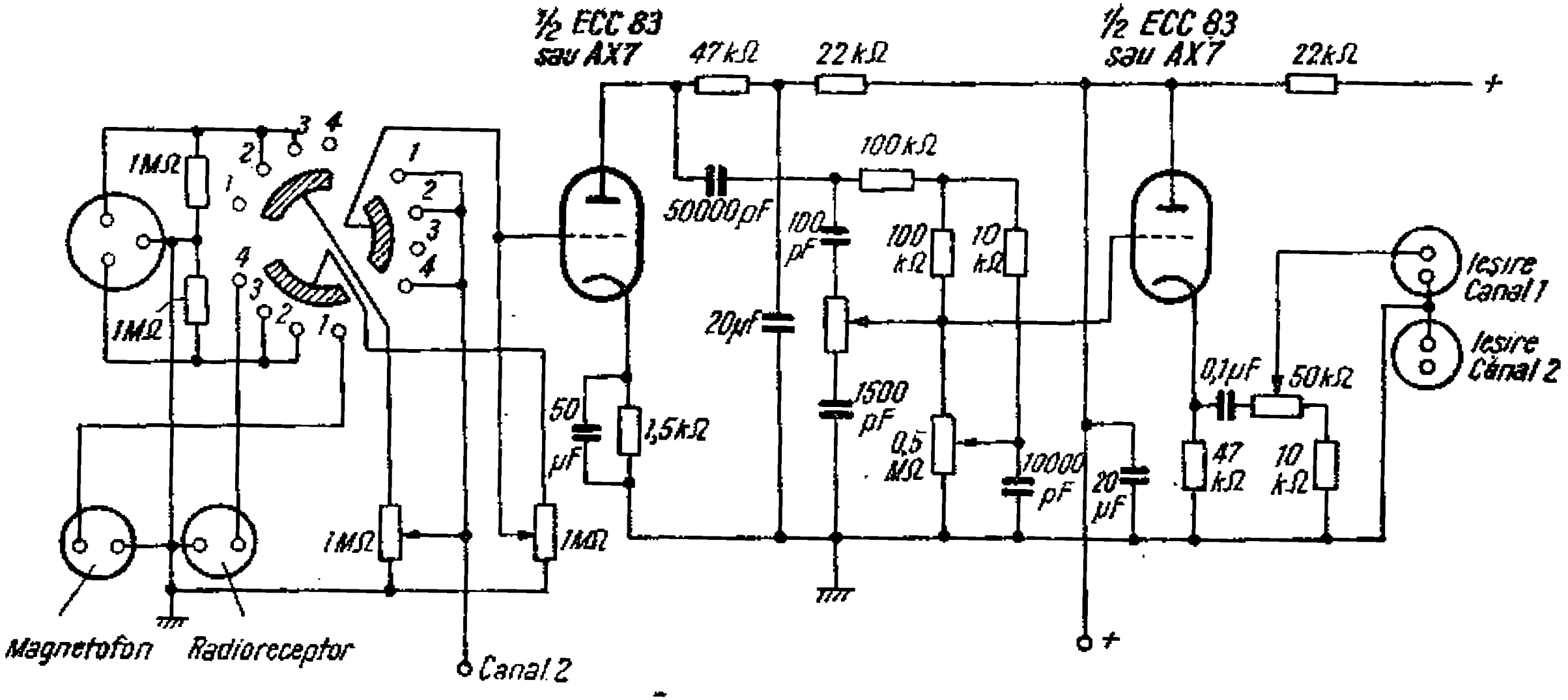


Fig. II.59. Preamplificator pentru adaptarea agregatului de redat discuri monofonice.

simțitor nivelul de zgomot. Acesta este și motivul pentru care s-a propus o mărire a amplitudinii vitezei începînd de la o frecvență cuprinsă între 1 500 și 3 200 Hz (cea recomandată de C.E.I. fiind 2 120 Hz). Creșterea amplitudinii începînd de la această frecvență se face de asemenea cu 6 dB pe octavă. O caracteristică de frecvență la înregistrare care să respecte condițiile de mai sus rezultă din combinarea a trei curbe asemănătoare caracteristicilor de frecvență ale unor impedanțe sau admitanțe. Aceste curbe componente sînt următoarele:

— prima, crescătoare cu frecvența, analogă curbei de variație a unei admitanțe care rezultă din montarea în paralel a unei capacități și a unei rezistențe, avînd constanta de timp τ_1;

— a doua, care crește de asemenea cu frecvența, analogă curbei de variație a unei admitanțe, care rezultă din înserierea unei capacități cu o rezistență, avînd constanta de timp τ_2;

— a treia curbă, descrescîndă cu frecvența, analogă curbei de variație a unei impedanțe ce rezultă din înserierea unei capacități cu o rezistență, avînd constanta de timp τ_3.

Valorile constantelor de timp recomandate de C.E.I. sînt:

$$\tau_1 = 75 \cdot 10^{-6}\ \text{s};$$
$$\tau_2 = 318 \cdot 10^{-6}\ \text{s};$$
$$\tau_3 = 3\,180 \cdot 10^{-6}\ \text{s}.$$

Relația care leagă valoarea constantei de timp τ de frecvența limită f_L este:

$$f_L = \frac{1}{2\pi\tau}. \qquad \text{(II.13)}$$

Prin urmare, pentru constantele de timp indicate mai sus corespund următoarele frecvențe:

$$f_1 = 2\,123\ \text{Hz};$$
$$f_2 = 500\ \text{Hz};$$
$$f_3 = 50\ \text{Hz}.$$

Este necesar să se menționeze că pînă în momentul de față nu s-a adoptat o normă generală (există numai recomandări ale Comisiei electrotehnice internaționale) pentru aceste frecvențe limită; de aceea, au fost alese o serie

de valori practice. Astfel, valorile lui f_1 sînt cuprinse între 50 şi 100 Hz, respectiv $\tau_1 = 1\,590 \ldots 3\,180$ μs, f_2 are valori între 250 şi 500 Hz, ceea ce înseamnă că τ_2 este cuprins între 318 şi 636 μs, iar f_3 este situat între 1 590 şi 3 180 Hz, adică τ_3 va fi 50—100 μs.

La redare, curba care dă tensiunea de ieşire a transductorului în funcţie de frecvenţă va rezulta din combinarea a trei curbe componente, în aşa fel încît caracteristica globală înregistrare-redare să fie liniară cu frecvenţa.

Cele trei curbe sînt următoarele:

— una, descrescătoare cu frecvenţa, analogă cu curba de variaţie a impedanţei ce rezultă din montarea în paralel a unei capacităţi şi a unei rezistenţe cu constanta de timp τ_1;

— alta, descrescătoare cu frecvenţa, analogă curbei de variaţie a unei impedanţe ce rezultă din înserierea unei capacităţi şi a unei rezistenţe cu constanta de timp τ_2;

— a treia, crescătoare cu frecvenţa şi analogă curbei de variaţie a unei admitanţe care rezultă din înserierea unei capacităţi şi a unei rezistenţe, avînd constanta de timp τ_3.

Constantele de timp sînt următoarele:

$$\tau_1 = 75 \cdot 10^{-6} \text{ s};$$
$$\tau_2 = 318 \cdot 10^{-6} \text{ s};$$
$$\tau_3 = 3\,180 \cdot 10^{-6} \text{ s}.$$

Caracteristicile de înregistrare sau de redare ale discurilor folosite curent sînt indicate în fig. II.60 şi în tabelele II.3 şi II.4.

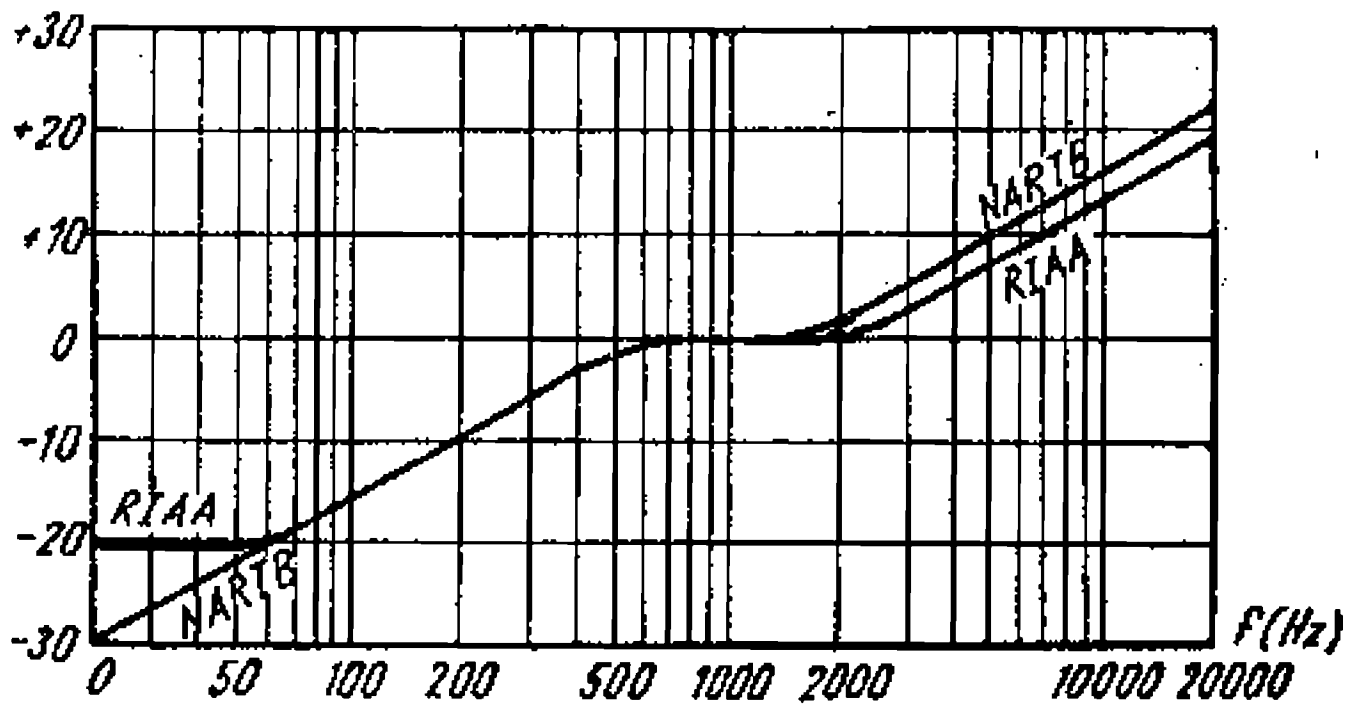


Fig. II.60. Caracteristici de frecvenţă pentru înregistrarea discurilor.

Tabela II.3

Caracteristicile de frecvență la reproducere

f	NAB	NARTB	CCIR	RCA
Hz	dB	dB	dB	dB
30	+25,0	+18,0	+21,3	+18,6
40	+22,5	+17,3	+18,8	+17,8
60	+19,0	+16,0	+15,3	+16,1
120	+13,1	+12,2	+ 9,7	+11,8
250	+ 7,4	+ 7,1	+ 4,6	+ 6,7
500	+ 3,1	+ 3,0	+1,5	+ 2,6
1 000	± 0	± 0	± 0	± 0
2 000	− 3,4	− 3,4	− 1,4	− 2,6
4 000	− 8,1	− 8,1	− 4,2	− 6,6
6 000	−11,3	−11,3	− 6,7	− 9,6
8 000	−13,7	−13,7	− 8,8	−11,9
10 000	−15,6	−15,6	−10,5	−13,8
12 000	−17,1	−17,1	−11,9	−15,3
15 000	−19,0	−19,0	−13,8	−17,2

Tabela II.4

Frecvențele limită ale curbelor de înregistrare pentru discuri

Indicativul normei	f_1 Hz	τ_1 s	f_2 Hz	τ_2 s	f_3 Hz	τ_3 s
NAB	1 590	100	500	318		
NARTB	1 590	100	500	318	60	2 720
CCIR	3 180	50	350	450		
RCA	2 120	75	500	318	50	3 180
RIAA	2 120	75	500	318	50	3 180

b. *Înregistrarea și reproducerea magnetică stereofonică*

Înregistrarea magnetică stereofonică prezintă avantaje în comparație cu celelalte sisteme de înregistrare, fapt care a făcut să fie utilizată pe scară largă. Un avantaj al acestui sistem constă în posibilitatea înregistrării simultane a semnalelor mai multor canale pe aceeași bandă magnetică. Alt avantaj derivă din calitățile cunoscute ale benzii magnetice, ca de axemplu : posibilitatea de refolosire a ei prin ștergerea unei înregistrări vechi, posibilitatea de a fi lipită dacă se rupe, lipsa de uzură evidentă, posibilitatea unei reproduceri imediate, durabilitatea înregistrării etc. Însă ceea ce a făcut ca banda magnetică să fie utilizată într-o măsură mai mare la înregistrările stereofonice este stabilitatea performanțelor. Într-adevăr, cu ajutorul înregistrării magnetice se poate obține o înregistrare cu distorsiuni neliniare abia perceptibile în întreaga gamă de audiofrecvență și la un nivel destul de ridicat, cu un zgomot de fond extrem de mic și cu o caracteristică de frecvență care face ca reproducerea să fie de înaltă fidelitate. Totuși se întîmpină unele greutăți în realizarea dispozitivelor mecanice de translație a benzii. Însă o dată cu dezvoltarea mijloacelor tehnice din industrie și în urma experienței acumulate, aceste dificultăți sînt înlăturate și mecanismele devin din ce în ce mai bune.

Banda magnetică destinată înregistrărilor stereofonice. Principiile de înregistrare magnetică a sunetului stereofonic sînt asemănătoare cu cele ale înregistrării monofonice. Banda magnetică folosită este aceeași fie că se înregistrează după procedeul monofonic, fie după cel stereofonic.

Vitezele de translație a benzilor de magnetofon au fost normalizate.

Astfel, pentru uz profesional s-au stabilit vitezele de 76,2; 38,1; 19,05 cm/s.

Viteza de 76,2 cm/s este folosită din ce în ce mai rar, din considerente economice. Pentru amatori vitezele recomandate sînt 19,05 și 9,53 cm/s.

Toleranțele admise pentru aceste viteze trebuie să fie cuprinse între $\pm$ 0,5 și $\pm$ 2%.

Stratul magnetic de pe bandă este așezat spre centrul bobinei. Derularea benzii trebuie să se facă de la stînga spre dreapta privind spre magnetofon.

Lărgimea benzii magnetice este de 6,25 mm și comportă în cazul înregistrării pe două canale piste late de 2,75 mm.

La reproducere, pista are o lăţime de 2,25 mm, pentru a se evita fenomenul de diafonie între canale (fig. II.61).

Partea mecanică a unui magnetofon nu trebuie să exercite asupra benzii o forţă instantanee mai mare de 9,8 N.

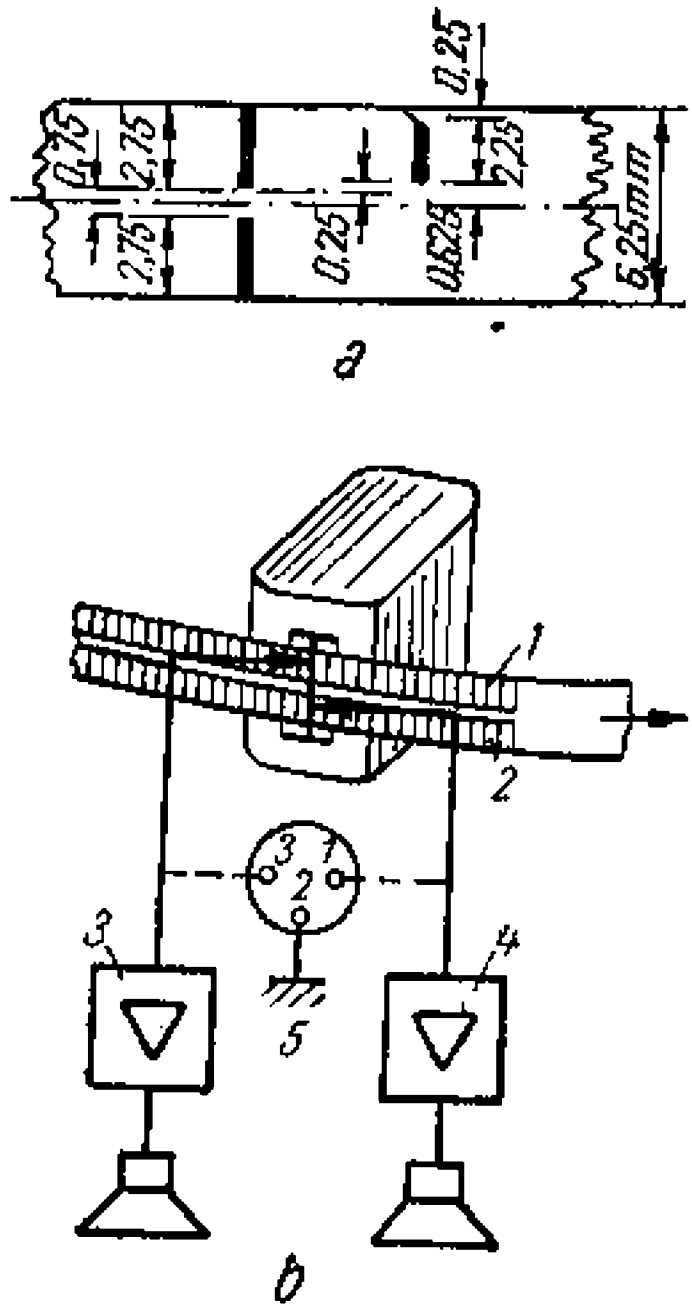


Fig. II.61. Înregistrarea magnetică pe două piste:

a — dimensiunile pistelor de înregistrare; *b* — schema simplificată a înregistrării pe două piste a unei benzi magnetice; *1* — pista corespunzătoare canalului din stînga; *2* — pista corespunzătoare canalului din dreapta; *3* — canalul din stînga; *4* — canalul din dreapta; *5* — legături folosite la mufă pentru redarea celor două canale.

Ambele piste se înregistrează în acelaşi sens. Înregistrarea de pe pista *1* este destinată canalului situat în stînga ascultătorului, iar înregistrarea de pe pista *2*, canalului din dreapta (fig. II.61, *b*). Pistele sînt înregistrate cu un cap de înregistrare cu două întreferuri situate pe aceeaşi verticală şi avînd înfăşurări astfel conectate încît semnalele electrice înregistrate să fie în fază. Astfel la reproducerea cu un cap magnetic obişnuit, ambele difuzoare vor produce presiuni sonore în fază.

Frecvenţa curentului de polarizare a benzii magnetice este necesar să fie aceeaşi pentru fiecare canal stereofonic. Dacă s-ar alimenta cu curenţi de frecvenţe diferite, cele două secţiuni ale capului de înregistrare, vor apărea bătăi care se vor înregistra pe bandă magnetică. În acest fel, dinamica magnetofonului, adică raportul dintre nivelurile maxime şi minime ale semnalelor înregistrate, se va micşora. De aceea, în cele mai multe cazuri s-a utilizat un singur oscilator pentru alimentarea ambelor secţiuni ale capului de înregistrare stereofonic. Dacă totuşi se utilizează două oscilatoare, este necesară sincronizarea acestora, ceea ce se realizează de exemplu prin montarea unei capacităţi cu valoare redusă între anodul unui oscilator şi anodul celuilalt oscilator. Se presupune că frecvenţele celor două oscilatoare sînt destul de apropiate,

în așa fel încît abaterea maximă să nu depășească 10 Hz. Pentru abateri mai mari de 10 Hz, sincronizarea cu un asemenea circuit este greu de realizat (fig. II. 62).

Capetele magnetofonului stereofonic. Dintre piesele componente ale unui magnetofon stereofonic capetele de mag-

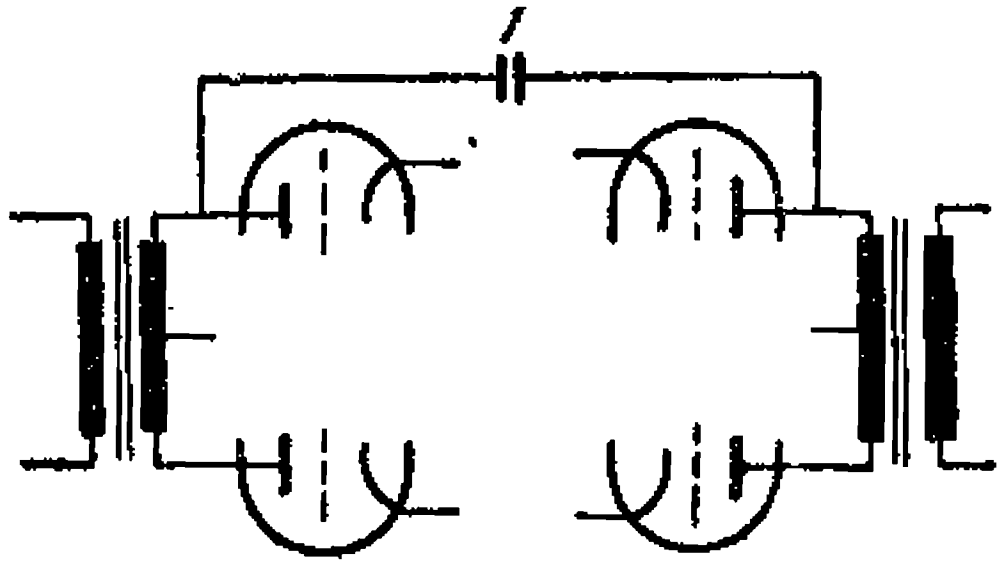


Fig. II.62. Sincronizarea a două oscilatoare cu ajutorul unei capacități *1*.

netofon necesită o atenție deosebită la realizare. Rezultatele obținute în înregistrarea și reproducerea sunetului depind în mare măsură de materialul folosit și de prelucrarea lui. Materialele folosite pentru construcția capetelor de magnetofon sînt aliaje de fernichel care au permeabilitatea inițială mare (10 000—12 000) și pierderi reduse. Cel mai des folosite sînt permalloy-ul (78,5% Ni, 17,5% Fe și 4%Mo) și miumetalul (75%Ni, 18%Fe, 5%Co și 2%Cr).

Capetele de înregistrare stereofonice au întrefierul din față de 10—20 μ, iar cel din spate, de 0,2—0,5 mm. Întrefierul posterior are rolul de a micșora inductanța și de a împiedica magnetizarea capului. Capetele sînt ecranate între ele. Lărgimea pistei de înregistrare este de 2,75 mm. Capul de redare stereofonic are o lărgime a fantei de 6—7 μ. Lățimea unei piste de reproducere este 2,25 mm. Acțiunea unei piste asupra celeilalte este foarte puternică și din această cauză cele două jumătăți de capete trebuie să fie bine ecranate. Diferența de nivel între semnalele celor două capete, la reproducere, nu trebuie să depășească 1 dB. Variația tensiunii măsurate la frecvența de 12 kHz față de tensiunea corespunzătoare frecvenței de 1 000 Hz a ambelor capete nu trebuie să depășească 1 dB. Pentru o reproducere de înaltă calitate diafonia trebuie să fie mai mică de 50 dB pentru o frecvență de 10 kHz iar pentru o reproducere acceptabilă, este admisibilă o valoare mai mică, de exemplu de aproximativ 35 dB.

La fabricarea capetelor pentru magnetofoane stereofonice trebuie să se dea o atenție deosebită coliniarității fantelor (fig. II.63). Dacă una dintre fante este înclinată, nu este posibilă reproducerea corectă a întregii game de audiofrecvență pe ambele canale, putînd astfel exista abateri mari în special în domeniul frecvențelor înalte. Dacă fantele sînt deplasate una față de cealaltă, nu va mai exista o corelație normală între semnalul stînga și dreapta, dăunînd astfel efectului stereofonic. Aceasta se datorește unei întîrzieri introduse într-unul din canalele stereofonice datorită decalajului între fantele capului de redare sau înregistrare. Acest decalaj se determină, începînd din centrul primei fante, în direcția mișcării benzii magnetice, pînă la centrul celei de a doua fante. Valoarea admisibilă pentru acest decalaj este de $\pm 2\,\mu$ (fig. II.64).

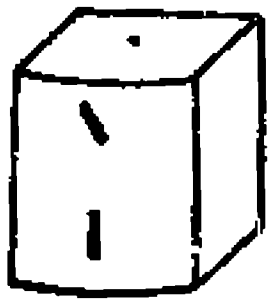


Fig. II.63. Necoliniaritatea fantelor la capetele magnetofonului stereofonic.

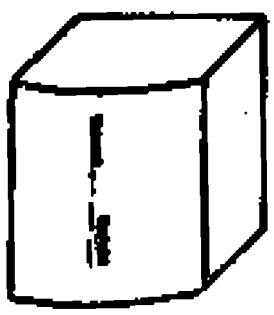


Fig. II.64. Decalajul fantelor la capetele magnetofonului stereofonic.

Capete de magnetofon destinate înregistrărilor pe două piste și pe patru piste sînt indicate în fig. II.65.

Amplificatoare de înregistrare-reproducere pentru magnetofoane stereofonice. În cazul înregistrării și al reproducerii stereofonice a sunetului, pentru fiecare canal va exista cîte un amplificator de înregistrare și unul de redare. Deseori,

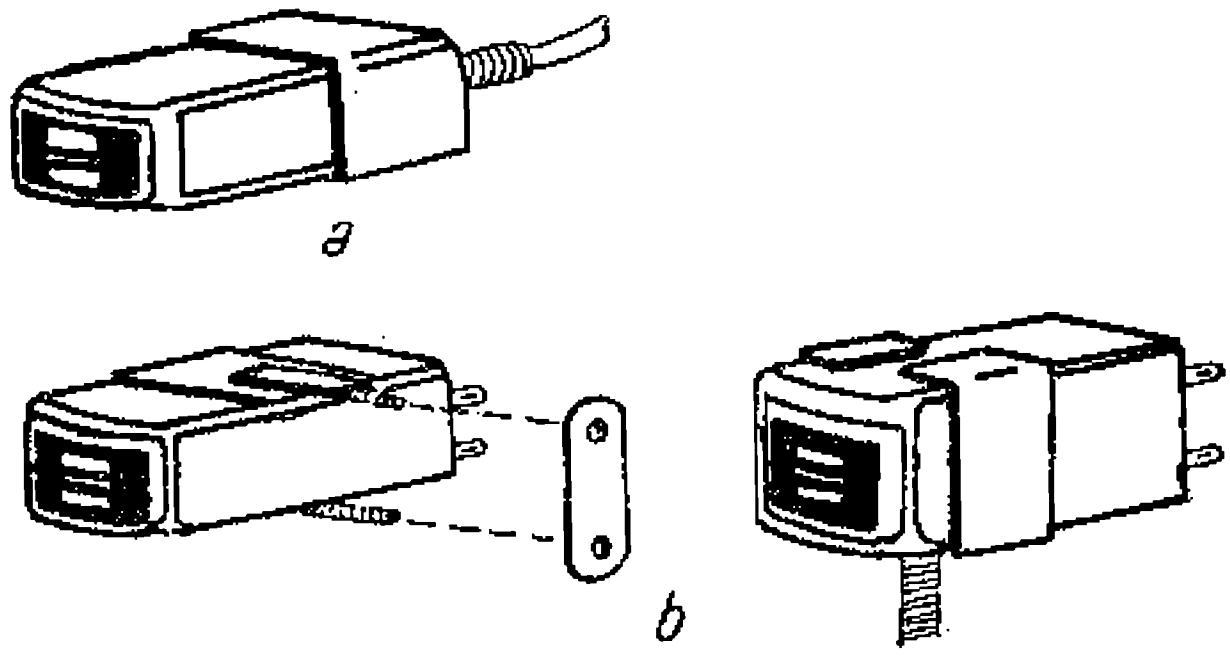


Fig. II.65. Capetele de magnetofon destinate înregistrărilor pe două și patru piste:
a — cap de magnetofon pentru înregistrări pe două piste; *b* — cap de magnetofon pentru înregistrări pe patru piste.

mai ales în magnetofoanele mici folosite de amatori, același amplificator îndeplinește atît funcția de înregistrare, cît și aceea de redare a sunetului.

Compensarea pierderilor care au loc în capetele de redare și de înregistrare, în special la frecvențe înalte, se poate face în amplificatoarele de înregistrare și redare. Teoretic, corecțiile pot fi repartizate fie la înregistrare, fie la redare, căutîndu-se să se realizeze o caracteristică de frecvență globală liniară. Dacă corectarea caracteristicii de frecvență s-ar face la întîmplare, la reproducerea unei benzi magnetice pe un alt magnetofon decît acela pe care s-a realizat înregistrarea, nu s-ar obține o caracteristică de frecvență liniară. De aici rezultă necesitatea unei normalizări. Pentru amplificatorul de redare, norma prescrie ca amplificarea acestuia să varieze în funcție de frecvență la fel ca impedanța unui circuit serie format dintr-o rezistență și o capacitate avînd pentru fiecare viteză de deplasare a benzii următoarele constante de timp:

$v = 76{,}2$ cm/s și 38,1 cm/s;	$\tau = 35\ \mu s$;
$v = 19{,}05$ cm/s;	$\tau = 70 + 3\,180\ \mu s$;
$v = 9{,}53$ cm/s;	$\tau = 140 + 3\,180\ \mu s$;
$v = 4{,}76$ cm/s;	$\tau = 70 + 70 + 3\,180\ \mu s$.

Pentru vitezele de 9,53 cm și 4,76 cm, încă nu s-a ajuns la un acord recunoscut de toate țările. În practică însă se aplică norme adoptate de C.E.I. (Comitetul electrotehnic internațional).

Curbele care reprezintă variația amplificării circuitelor menționate mai sus (fig. II.66) se referă la un cap ideal, adică fără pierderi datorite întrefierului sau miezului de fier.

Alura caracteristicii de frecvență a unui amplificator de înregistrare depinde de tipul de bandă magnetică folosită; acesta se alege astfel încît să se realizeze o curbă de răspuns liniară pentru înregistrare-redare. În felul acesta amplificatorul de înregistrare compensează scăderea amplificării la frecvențe înalte, care se produce din cauza demagnetizării benzii și a pierderilor în capul de înregistrare. Nu se recomandă efectuarea unei corecții la înregistrare mai mari de 20—25 dB, deoarece s-ar produce o supramodulare a semnalului înregistrat pe bandă, ceea ce ar duce la apariția distorsiunilor. În aceste cazuri se face

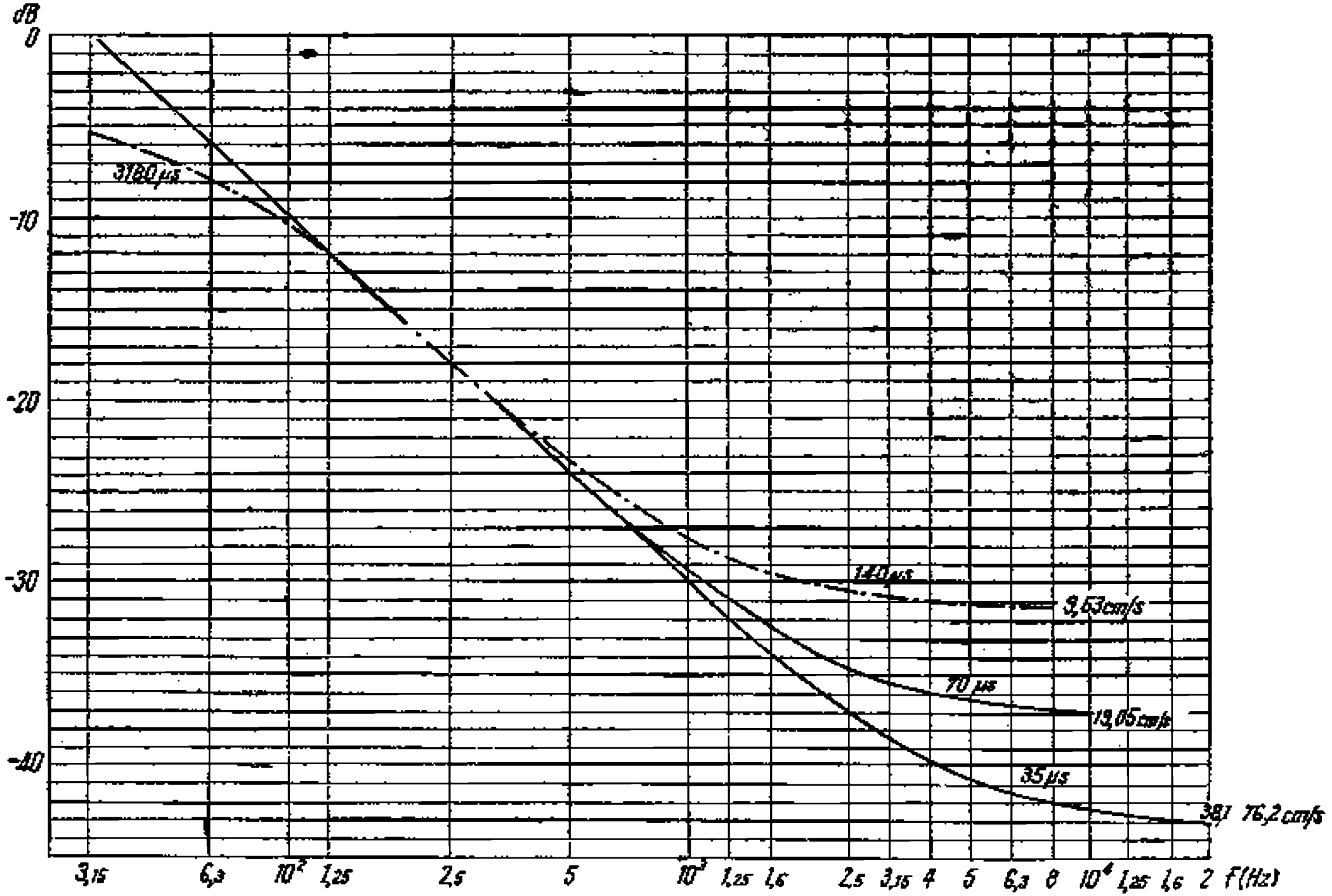


Fig. II.66. Caracteristica de frecvență a unui amplificator de redare, folosind un cap de redare ideal.

o derogare de la caracteristica de frecvență a amplificatorului de redare, sau se folosește o bandă magnetică de calitate mai bună.

Scheme de amplificatoare stereofonice pentru înregistrare și reproducere. În ultima vreme a fost acumulată o vastă experiență în ceea ce privește realizarea instalațiilor de înregistrare și reproducere stereofonică. În diferite țări s-au făcut eforturi pentru perfecționarea acestor instalații, atît în ceea ce privește alcătuirea schemelor, cît și în ceea ce privește realizarea practică. Astfel, în U.R.S.S., paralel cu efectuarea unor emisiuni stereofonice, au fost realizate și perfecționate o serie de magnetofoane profesionale stereofonice, printre care se poate menționa magnetofonul MEZ-41. De asemenea, instalația stereofonică STV-5 conține, pe lîngă amplificatoare de putere, un magnetofon stereofonic și un agregat de redat discuri stereofonice. Magnetofonul are viteza de deplasare a benzii de 19,05 cm/s, asigurînd o caracteristică liniară în banda de frecvențe cuprinsă între 60 și 15 000 Hz, cu distorsiuni neliniare de ordinul a 1,5%.

Numeroși constructori au căutat să aducă îmbunătățiri magnetofonului stereofonic, reușind să se realizeze agregate cu calități tehnice superioare. Se vor descrie cîteva dintre aceste magnetofoane stereofonice.

Astfel va fi descris un magnetofon tip Grundig care permite înregistrarea și redarea sunetului prin procedeul monofonic și stereofonic pe două piste. Vitezele de deplasare a benzii la acest magnetofon sînt următoarele : 19,05 cm/s 9,53 cm/s și 4,75 cm/s. Magnetofonul poate înregistra un program cu ajutorul unui microfon stereofonic, agregat de redat discuri sau radioreceptor.

În afară de amplificatoarele înregistrare-redare, fiecare canal este prevăzut cu cîte un amplificator de putere și un difuzor. În fig. II.67 se vede schema de principiu a acestui magnetofon cu contactele în poziția corespunzătoare redării. Pista superioară, reprezentată printr-o jumătate a capului de redare, va reproduce canalul din stînga (monofonic). Prin contactele n_3, n_2, h_3, h_2, b_1, b_2, semnalul de la capul de redare ajunge la grila primului tub EF 86. După amplificarea realizată, cu tubul ECC 81, semnalul ajunge la rețelele corectoare al căror reglaj la frecvențe joase se face cu potențiometrele R_{142} și R_{242}, iar la frecvențele înalte, cu R_{141} și R_{241}. Reglajele se fac cu ajutorul unui singur buton

pentru ambele canale. După un reglaj simultan al nivelului, cu potențiometrul dublu R_{153} și R_{253}, cu valori de cîte 500 kΩ, semnalul electric se aplică unei jumătăți a tubului ECC 83, iar apoi, unei jumătăți a tubului ELL 80.

La înregistrare, circuitele de grilă ale primelor tuburi sînt deconectate de capetele de redare și se conectează cu ajutorul contactelor „e" la mufele destinate intrării de microfon, agregatului de redat discuri, radio receptorului etc. Capul de înregistrare este conectat prin contactele b_{18}, b_{19} la ieșirea amplificatorului; ca tub final este folosită a doua jumătate a tubului ECC 81. Curentul de polarizare este dat de un oscilator realizat cu un tub EL 95. Din secundarul transformatorului, curentul trece prin înfășurările capetelor de înregistrare (prin intermediul contactelor a_{23} și a_{24} pentru canalul din stînga și d_{23}, d_{24} pentru canalul din dreapta). Secțiunile capetelor de ștergere se alimentează pentru fiecare pistă prin contactele a_{18}, a_{19} și d_{18}, d_{19}. Ieșirea amplificatorului este conectată la un indicator de nivel de înregistrare realizat cu tubul EM 84. Reglajul polarizării se face cu ajutorul condensatoarelor variabile C_{106} și C_{206}.

Corespunzător fiecărei viteze, circuitele de corecție sînt conectate automat prin contactele *1—20*, menționate pe figură. În cazul schemei de principiu, reprezentată în fig. II.67, contactele au poziția corespunzătoare vitezei de 19 cm/s.

Etajul final are o reacție negativă pe catodul tubului ECC 83, ceea ce îi mărește calitățile de reproducere.

Alimentarea se face de la o rețea cu tensiunile 110, 130, 220 și 240 V și frecvențele 50 sau 60 Hz. Motorul este conectat în circuitul primar al transformatorului de rețea. Redresarea se realizează cu elemente uscate de siliciu cu un curent maxim admis de 160 mA.

Oscilatorul este pus în funcțiune numai în momentul înregistrării, după ce s-au făcut contactele a_{12}, a_{13} pentru un canal, sau d_{13}, d_{14} pentru celălalt canal. Întreruperea alimentării anodice a tubului EL 95 în timpul redării este necesară pentru o mai mare securitate.

Cu acest tip de magnetofon se pot înregistra diferitele programe și după procedeul monofonic. În acest caz se înregistrează numai pe pista superioară a benzii magnetice. După o răsucire a rolei cu bandă, se poate înregistra pe cealaltă pistă în sens invers primei înregistrări. La reproducere se respectă aceeași ordine. Reglajul nivelului de audiție

se face independent de reglajul nivelului de înregistrare. În cazul captării cu un microfon în aceeași încăpere cu magnetofonul, pentru evitarea reacției acustice, este necesar să se întrerupă difuzorul, iar ascultarea, în acest caz, se poate face în cască. Aparatul oferă și posibilitatea de a asculta direct înregistrarea de pe bandă magnetică. Astfel, la reproducere se apasă butonul corespunzător canalului liber și tasta de control.

Cu acest magnetofon pot fi efectuate înregistrări cu efecte speciale, căutate mult de amatori și profesioniști.

Astfel, se pot realiza așa-numitele efecte „playback". Se înțelege prin efect „playback" două înregistrări sincronizate, realizate separat una după alta, pe cele două piste ale benzii magnetice, în condiții acustice diferite, care, după aceasta, sînt redate simultan. Dacă trebuie înregistrat un program muzical susținut de un solist cu acompaniament orchestral, se va înregistra pe pista de sus (stînga) acompaniamentul, iar pe pista de jos vocea.

De asemenea se pot realiza reînregistrări. Acestea permit suprapunerea peste înregistrarea de pe pista a doua, a unei înregistrări de pe pista întîi. Prin acest procedeu, prima înregistrare va fi puțin atenuată. Prin eliberarea primei piste, o a treia înregistrare poate fi suprapusă peste cea de-a doua.

Caracteristicile tehnice ale acestui magnetofon sînt următoarele :

caracteristica de frecvență :

40—18 000 Hz pentru viteza de 19 cm/s;
40—14 000 Hz pentru viteza de 9,5 cm/s;
40— 8 000 Hz pentru viteza de 4,74 cm/s;

distorsiuni neliniare : mai mici de 2,5%;

zgomotul de fond : mai mic de —55 dB;

tensiunile și impedanța de intrare :

microfon : 100 mV pe o impedanță de intrare 1,5 MΩ;
radio : 100 mV pe o impedanță de intrare 22 kΩ;
disc : 100—5 000 mV pe 1 MΩ;

tensiune de ieșire : aproximativ 600 mV și 15 kΩ impedanță de ieșire;

puterea electrică a difuzoarelor : 3 W impedanța difuzoarelor 5 Ω.

Magnetofonul poate fi comandat de la distanță.

Dimensiunile : 510 × 400 × 210 mm, iar greutatea 14,8 kg.

Înregistrările stereofonice pe patru piste. La înregistrările stereofonice pe două piste, rularea benzii se face într-o singură direcţie. Acest procedeu, însă, este neeconomic, mai ales din punctul de vedere al folosirii de către amatori. S-a pus deci problema obţinerii unei economii de bandă,

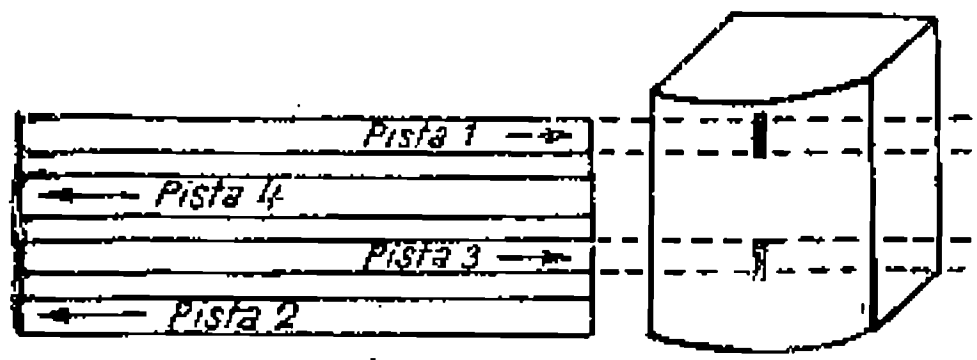


Fig. II.68. Distribuirea pistelor de înregistrare:
pista *1* corespunde canalului din stînga; pista *3* corespunde canalului din dreapta pentru un sens de mişcare al benzii; pista *2* corespunde canalului din stînga; pista *4* corespunde canalului din dreapta pentru celălalt sens al mişcării.

realizînd totodată şi o calitate satisfăcătoare a înregistrării. În acest scop s-au făcut înregistrări pe o bandă cu 4 piste (fig. II. 68).

Pistele *1* şi *3* sînt înregistrate şi redate pentru un sens de mişcare a benzii, iar pistele *4* şi *2* se înregistrează pentru sensul invers. Principalul dezavantaj al procedeului de înregistrare magnetică pe patru piste în comparaţie cu cel cu două piste este reducerea raportului semnal-zgomot. Nivelul semnalului obţinut la redarea unei benzi cu patru piste este cu aproape 6 dB mai mic faţă de cel obţinut la o bandă cu două piste. Aceasta înseamnă că raportul semnal-zgomot produs de bandă şi magnetofon va fi înrăutăţit cu cel puţin 6 dB.

Datorită progreselor obţinute în confecţionarea benzilor de magnetofon şi introducerii a noi tipuri de tuburi cu zgomot redus s-a ajuns la o îmbunătăţire a raportului semnal-zgomot.

Înregistrările cu patru piste au şi unele avantaje, şi anume:

— Datorită lăţimii mai mici a stratului înregistrat alinierea celor două fante este mai puţin critică. Fig. II. 69 ilustrează aceste avantaje obţinute prin înregistrarea benzii. Aici se compară pierderile datorite alinierii capului pentru o înregistrare pe o pistă întreagă şi pe jumătate de pistă. Se vede că panta curbei de pierdere pentru o înregistrare pe jumătate de pistă este mult mai mică decît a curbei

trasate pentru întreaga pistă; astfel, la o deviere mică, pierderile sînt mult mai mici pentru înregistrarea pe jumătate de pistă.

— Atenuarea de diafonie este mult mai mare, deoarece pistele înregistrate pe banda magnetică se află dispuse la o distanță mai mare decît în cazul înregistrării pe două piste.

— Se pot înregistra patru piste monofonice dublînd în felul acesta capacitatea de redare. Succesiunea de înregistrare sau redare este: pista *1*, *4*, *3* și *2*.

În cazul acesta, pistele de înregistrare au dimensiunile de 1 ± 0,03 mm, cu un interval între ele de 0,74 mm.

— Un număr destul de mare de magnetofoane de acest tip oferă posibilitatea efectuării unor comutări rapide pentru a trece de la poziția de înregistrare pe poziția de redare, ceea ce a condus la utilizarea lor într-o măsură din ce în ce mai mare.

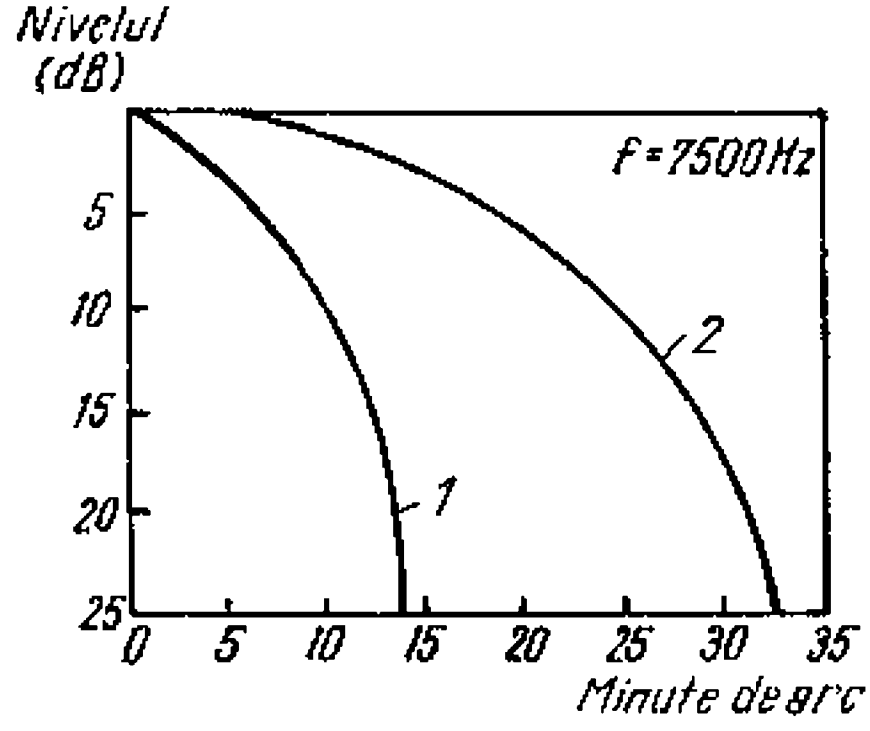


Fig. II.69. Pierderi într-un cap de redare datorită nealinierii fantelor:
1 — în cazul înregistrării pe întreaga pistă;
2 — în cazul înregistrării pe jumătate de pistă.

BIBLIOGRAFIE

1. *Вахитов Я. Ш., Маньковский В. С.*, О форме характерстик направленности микрофонов для стереофонической звукопередачи, Акустический журнал, том. III, вып. 2, 1957
2. *Langer Erik, Risak Veith*, Stereophoner Rundfunk — Eine Diskussion der technischen Möglichkeiten, Radioschau Nr. 9, 1961, pp. 368—372.
3. *Apollova L., Sumova N.*, Discul stereofonic, Telecomunicații, Nr. 3/1960, din Radio, Nr. 5/1959, pp. 48—52.
4. *Schlchtwerg W.*, Prinzipien der zwei Komponentenschrift bei der stereophonischen Schallplatte, Funktehnik 12/1958, pp. 406—407.
5. *Ferny R.*, La chaine Phillps A. G. 9014, Revue du Son, Nr. 98, iunie 1961, pp. 161—166.

6. *Викулин В., Макаров П., Мунин В.*, Стереофонический радиограмофон »юбилейный-стерео» (РГ - 4С).
7. *Graumann O.*, Schallplatten—Schneidkennlinien und ihre Entzerrung Funkschau, nr. 15—16, Aug. —Sept. 1958, p. 386.
8. *Sutaner Hans*, Die Charakteristik der modernen Schallplatte, Radio und Fernsehen, Nr. 2, ian. 1960, pp. 38—41.
9. *Smith J. D.*, Disc Recording Characteristics, Wirelles World, Nov. 1956
10. *Маньковский В.*, О локализации кажущегося источника звука при двухканальной передачи, Акустический Журнал, том.1959.
11. *Бажитов Е., Маньковский В.*, Искажения в передачи движения источника звука при стереофонической звуковоспроизведения Акустический Журнал, том. III, 1957.
12. *Olson H.*, Monoaural, Binaural, Monophonic and Stereophonic, Audio sept. 1959, pp. 28—56.
13. *Egan T., Carterelle E., Thiving E.*, Some Factor Affecting Multi Channel listening, The Journal of the acoustical Society of America vol. 26, nr. 5, sept. 1954, pp. 774—782.
14. *Klipsch P.*, Experiments and Experiences in stereo, I.R.E. Transaction on Audio, nr. 3, mai-iunic, pp. 91—94.
15. *Kuhl W., Zosel J. M.*, Untersuchungen zur Pseudostereophonie und Stereophonie Acustica, nr. 6, 1956, pp. 474—481.
16. *Beier H. G.*, Grenzen und Möglichkeiten moderner Vierspur-Stereo Tonbandgeräte, Funkschau, nr. 10, mai 1961, pp. 265—267.
17. *Klipsch P*, Signal Mutuality in stereo-Systems, I.R.E. Transaction on Audio, nr. 5, vol. Au-8, sept-oct. 1960, pp. 168—174.
18. *Eargle T.*, Stereophonic Localisation : An Analysis of Listener Reactions to Current Techniques, I.R.E. Transaction on Audio, nr. 5, vol. Au-8, sept.-oct. 1960, pp. 174—178.
19. *Литвинов С. В.*, Радиовещательная аппаратура на В. Д. Н.. Х. Массовая радиобиблиотека, вьщуск 402, 1961.

Capitolul III

REPRODUCERILE STEREOFONICE ÎN SPAȚII ÎNCHISE ȘI ÎN AER LIBER

Scopul urmărit de o reproducere stereofonică este de a obține imagini sonore cît mai apropiate de realitate. Numai astfel i se poate crea unui ascultător impresia că se găsește într-o sală și asistă la un spectacol care se desfășoară pe o scenă situată în fața sa.

Contribuția stereofoniei la îndeplinirea acestui deziderat este următoarea:

— să ofere posibilitatea unei localizări cît mai bune a surselor sonore imaginare în planul orizontal;

— să asigure o bună inteligibilitate a ansamblului pe baza posibilității de a izola sursele de sunet imaginare unele de altele;

— să reducă la minimum oboseala pentru ascultător, adică acesta să nu fie nevoit să depună un efort susținut pentru perceperea stereofonică a surselor sonore fictive;

— să permită obținerea unor parametri calitativi asemănători cu aceia ai unei reproduceri monofonice de înaltă fidelitate.

Deși prezintă anumite dificultăți, realizarea condițiilor de mai sus este posibilă în practică.

În capitolele anterioare s-a arătat că pentru obținerea unui efect stereofonic cît mai bun ar trebui să se folosească un număr foarte mare de microfoane (teoretic infinit), fiecărui microfon corespunzîndu-i ca poziție în spațiu un element de redare a sunetului. Motive economice au făcut necesară limitarea numărului de canale. Astfel, înregistrarea stereofonică pe film utilizează în prezent un număr de 3—4 canale. Acest număr de canale este suficient pentru a crea pe o mare porțiune din suprafața unei săli o bună audiție stereofonică. În cazul tehnicii de înregistrare și redare

stereofonică pe două canale apar unele inconveniente, dintre care cel mai important pare a fi obținerea unor zone mari de percepere stereofonică. Deoarece sistemele stereofonice pe două canale sînt mult utilizate atît în radiodifuziune, cît și de către amatori, a rezultat necesitatea de a se studia posibilitatea de îmbunătățire a reproducerilor stereofonice atît în spații închise, cît și în aer liber. Cercetările efectuate în acest domeniu au arătat că de fapt problema creării unor suprafețe mari de percepere a efectului stereofonic reprezintă elementul de bază al sonorizărilor stereofonice.

În aprecierea calității unor reproduceri stereofonice nu trebuie să se considere ca un criteriu de calitate reușita unor experiențe de tipul „trenului care trece" sau a „jocului de ping-pong". Acestea nu permit decît obținerea unei localizări parțiale, pe cînd la o reproducere stereofonică de calitate urmărim o localizare a surselor de sunet fictive precisă și stabilă, cu minimum de efort pentru ascultători și pe cît posibil pe o suprafață cît mai mare.

În cele ce urmează se va face o scurtă analiză atît a reproducerilor stereofonice în spații închise, cît și a celor în spațiul liber.

1. Reproducerile stereofonice în spații închise

O audiție stereofonică de calitate s-ar putea obține dacă s-ar folosi în loc de difuzoare, căști telefonice. Deoarece acest mod de ascultare este greoi și are o serie de dezavantaje (care au fost arătate anterior), în practică s-a renunțat la el.

În mod curent, în reproducerile stereofonice se folosesc grupuri de difuzoare situate la diferite distanțe și orientate diferit. Semnalele stereofonice din cîmpul sonor în care este situat ascultătorul nu mai sînt independente ca în cazul audiției în căști ci se influențează reciproc. În plus, se adaugă și influența unor factori externi cum ar fi proprietățile acustice ale încăperii. S-ar părea că în aceste condiții nu s-ar putea obține o bună audiție stereofonică. Efectuarea unor experiențe a permis determinarea în aceste condiții a unor zone în încăperi, în care este posibilă audiția stereofonică. O asemenea zonă este cea reprezentată în fig. III.1. Se poate observa că suprafața în care se poate percepe efectul stereofonic este delimitată de două hiperbole

În focarele hiperbolelor se găsesc difuzoare care sînt conectate la ieşirea fiecărui canal stereofonic. Analizînd această figură, se constată că pentru o lărgime a bazei de 5 m şi la o depărtare de 5 m faţă de aceasta, se obţine o lăţime a suprafeţei de ascultare de 0,5 m. Este necesar să remarcăm că proporţiile se păstrează oarecum şi pentru alte mărimi ale bazei de redare. Este evident că o asemenea lăţime a suprafeţei de ascultare stereofonică nu poate satisface cerinţele practicii. Efectul stereofonic într-o sală trebuie să fie perceput de un număr mare de spectatori, ceea ce implică crearea unei zone de audiţie lărgită.

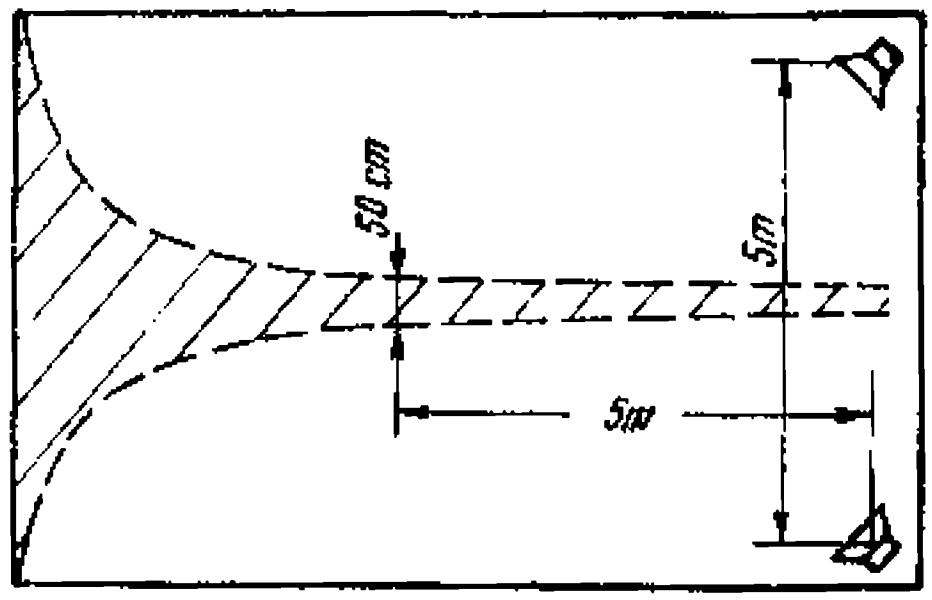


Fig. III.1. Delimitarea zonei de audiţie stereofonică.

Soluţiile propuse pentru lărgirea zonei de audiţie se bazează pe principiul următor: crearea unui raport constant al presiunilor acustice obţinute prin intermediul dispozitivelor de ascultare pe o zonă cît mai largă. Pentru determinarea acestei zone de percepere stereofonică, este necesar să se traseze curbele care reprezintă locul geometric al punctelor cu raport de presiuni constant (sau în cel mai defavorabil caz cu denivelări de maximum 3 dB) care limitează suprafaţa de audiţie.

Pentru obţinerea unui asemenea raport de presiuni, trebuie să se ţină seama şi de caracteristicile acustice ale încăperii. Astfel, pentru o încăpere cu absorbţie de sunet mare, va fi adoptat un anumit procedeu, iar pentru o încăpere reverberantă, altul.

În cazul încăperilor cu durată de reverberaţie mică, mărirea zonei de percepere stereofonică este posibilă prin alegerea judicioasă a caracteristicilor de directivitate şi orientarea difuzoarelor, elementul esenţial fiind sunetul direct. Problema de bază în mărirea suprafeţei de audiţie stereofonică este obţinerea unor rapoarte de presiuni constante. Abaterile mai mici decît 3 dB nu duc la schimbări importante ale imaginii stereofonice, în schimb permit lărgirea considerabilă a suprafeţei de audiţie. Astfel, pentru caracteristici de directivitate cosinusoidale, cum sînt cele

din fig. II.27, se obține o zonă de percepție stereofonică suficient de mare. Inconvenientul acestei metode, în cazul sonorizărilor unor săli mari, constă în faptul că denivelările provocate de rîndurile de scaune ocupate de spectatori împiedică menținerea formei caracteristicilor de directivitate pe toată suprafața sălii.

Ca o variantă a principiului expus și care remediază acest inconvenient este acela care utilizează surse sonore cu caracteristici de directivitate ca acelea din fig. III.2.

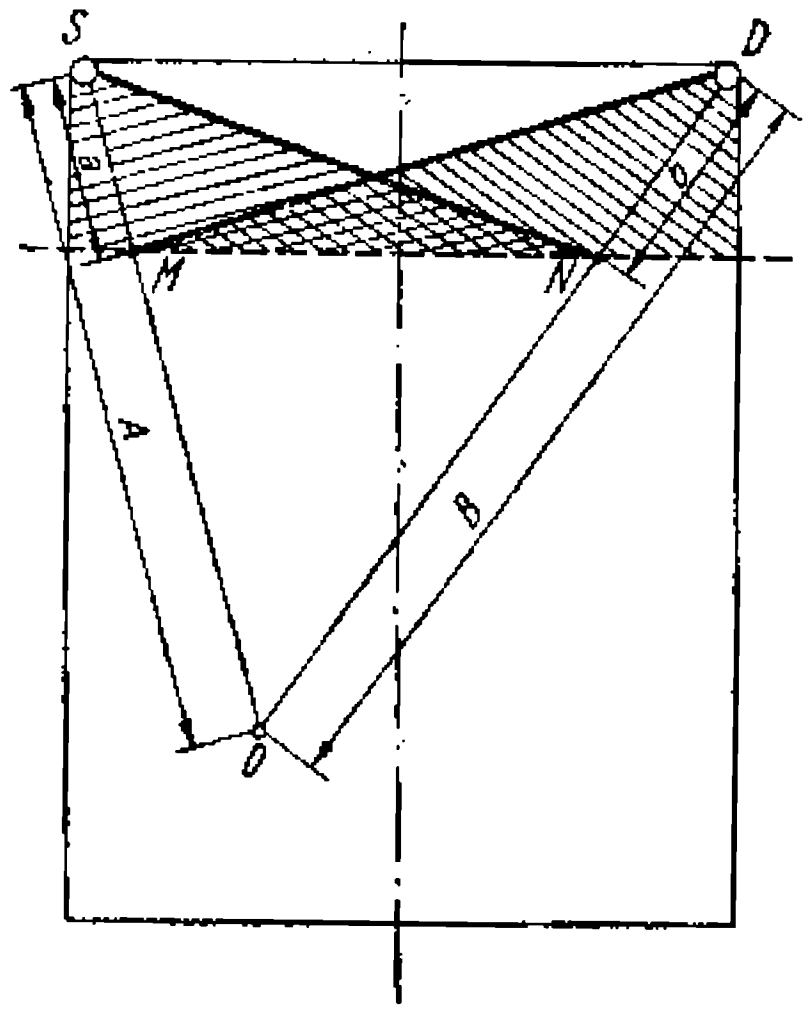


Fig. III.2. Reproduceri stereofonice cu dispozitive de ascultare avînd caracteristici de directivitate triunghiulare.

Dacă se impune condiția ca presiunile acustice p_M și p_N să fie proporționale cu distanțele

$$p_M = K \cdot a \text{ și } p_N = K \cdot b \quad \text{(III.1)}$$

și deoarece presiunile date de sursele sonore S și D în punctul O sînt date de relațiile

$$P_{SO} = K' \frac{p_M}{A} \text{ și } P_{DO} = K' \frac{p_N}{B} \quad \text{(III.2)}$$

se ajunge la rezultatul că

$$\frac{P_{SO}}{P_{DO}} = 1. \quad \text{(III.3)}$$

Prin urmare, pentru surse cu caracteristici de directivitate triunghiulare, ca acelea din fig. III.2, se pot obține zone mari de audiție stereofonică.

Cu toate că nu este ușor de a realiza practic aceste caracteristici de directivitate, soluționarea problemei este totuși posibilă prin utilizarea unor surse alcătuite din mai multe difuzoare cu orientări și tensiuni de alimentare diferite. Elementele care alcătuiesc o asemenea sursă complexă pot fi dispuse fie pe orizontală, fie pe verticală.

Spre deosebire de cazul încăperilor cu durată de reverberație mică, unde mărirea zonei de percepere stereofonică se datorește în cea mai mare parte sunetului direct, pentru încăperile cu pereți reflectanți, elementul prin care se mă-

reşte zona de audiţie îl constituie undele sonore reflectate. Este adevărat că aceste sunete reflectate ar putea crea anumite dificultăţi de localizare a surselor sonore, însă orientarea judicioasă a dispozitivelor de ascultare şi alegerea potrivită a caracteristicilor de directivitate nu numai că îndepărtează aceste inconveniente, ci, mai mult, permit lărgirea zonei de percepţie stereofonică. În fig II.28 este reprezentat un astfel de caz. Încăperea în care se face audiţia are pereţii reflectanţi, iar agregatele de ascultare au caracteristici de directivitate în formă de cardioidă. Aşa cum s-a arătat în cap. II, obţinerea unor astfel de caracteristici presupune luarea unor măsuri speciale în proiectarea mobilierului în care se fixează difuzoarele. Cele două caracteristici de directivitate sînt dirijate în aşa fel încît axele lor de simetrie să fie perpendiculare pe cei doi pereţi.

Un ascultător situat pe axa de simetrie a sistemului recepţionează sunetele directe mai slab decît pe cele reflectate şi aceasta deoarece caracteristica de directivitate este în aşa fel orientată încît în direcţia axei de simetrie presiunile acustice au valori minime. În acest caz, ascultătorul va localiza fiecare sursă de sunet între difuzor şi imaginea sa creată de unda sonoră reflectată. Dacă ascultătorul se deplasează lateral faţă de axa de simetrie, de exemplu în partea dreaptă, se observă o mărire a intensităţii pentru sunetele directe şi o micşorare, pentru cele reflectate. Intensitatea sonoră globală rămîne totuşi aproximativ egală cu cea din cazul anterior. Ascultătorul va localiza acum sursele de sunet tot între difuzor şi imaginea lui creată prin reflexii. Cu această metodă, zona de audiţie stereofonică se măreşte destul de mult, acoperind practic toată încăperea.

Luînd ca bază principiul de mărire a suprafeţei de audiţie stereofonică prin folosirea reflexiilor, s-au făcut şi alte experimentări, care au dus la obţinerea unor rezultate interesante. Astfel în fig. III.3 se poate observa mărirea zonei de audiţie stereofonică faţă de cea din fig. III.1.

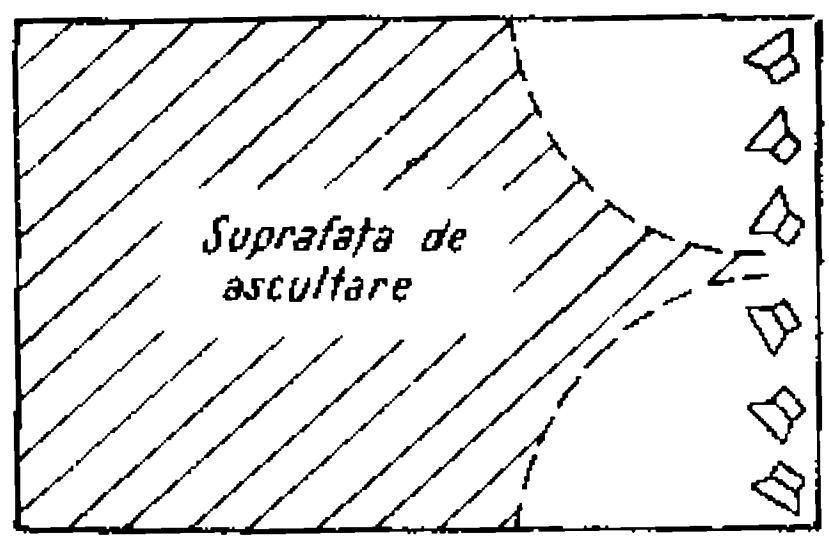


Fig. III.3. Mărirea zonei de audiţie stereofonică prin folosirea unor dispozitive de ascultare orientate diferit.

De remarcat că în acest caz s-au folosit mai multe grupe de difuzoare, orientate diferit.

a. *Amenajarea încăperilor de locuit pentru audiții stereofonice*

Încăperile de locuit pun probleme speciale în cazul utilizării lor pentru audiții stereofonice.

Astfel, pentru ca un ascultător să poată obține în propria locuință reproduceri stereofonice de calitate, este necesar să determine:

— distanța optimă între dispozitivele de ascultare;

— înclinația axelor acestora, astfel încît să se creeze un spațiu de audiție stereofonică cît mai mare;

— zona în care se poate sesiza cel mai bine efectul stereofonic.

Toate aceste probleme sînt legate de mai mulți factori. Unul dintre aceștia îl constituie durata de reverberație a încăperii. Condițiile acustice trebuie să fie asemănătoare celor dintr-o sală de spectacol.

Durata de reverberație a încăperilor de locuit poate fi ajustată astfel încît valoarea ei să permită buna reproducere a vorbei, precum și a sunetelor produse de pian și alte instrumente. Cu mijloace care se găsesc la îndemîna oricui, valoarea duratei de reverberație poate fi adusă la o valoare de aproximativ 0,6 s. Pentru a ajusta valoarea duratei de reverberație, se utilizează materiale decorative interioare, covoare, mobilă, tapet etc. Printr-o amplasare judicioasă a acestor elemente, se poate corija durata de reverberație. Valoarea duratei de reverberație trebuie să fie constantă pentru diferite frecvențe.

Un calcul rapid al duratei de reverberație poate fi făcut în felul următor: cunoscînd volumul V al încăperii, coeficientul de absorbție α al diferitelor elemente care intră în încăpere și suprafețele pe care le ocupă, se poate ușor calcula această caracteristică cu formula:

$$T = \frac{0{,}164\ V}{A} \qquad \text{(III}$$

(V este dat în m^3, iar $A = \Sigma S_i \alpha_i + \Sigma A_i$, în unități de absorbție, S fiind suprafața ocupată de materialul absorbant, avînd coeficientul de absorbție α, A_i — absorbția obiectelor și a persoanelor).

Determinarea duratei de reverberație. Dacă se consideră o cameră cu dimensiunile 5 × 4,5 × 2,5 m, volumul acestei camere va fi de 56,25 m³. Dacă camera este complet goală, absorbția acustică va fi:

pardoseală — $A_i = 22,5 \times 0,09 = 2,025$ m²;
plafon din tencuială — $A_i = 22,5 \times 0,06 = 1,35$ m²;
pereți din tencuială — $A_i = [2(4,5 \times 2,5) + 2(5 \times 2,5)]0,06 = 2,75$ m²;

total 6,1 m²

În acest caz, durata de reverberație va fi:

$$T = \frac{0,164 \times 56,25}{6,225} \approx 1,48 \text{ s.}$$

Această valoare este însă mult prea mare și trebuie redusă. În acest scop, pentru micșorarea valorii lui T, se pot folosi următoarele materiale:

pardoseală acoperită cu covor — 22,5 × 0,37 = 8,3 m²;
plafon din tencuială — 22,5 × 0,06 = 1,35 m²;
pereții 1/5 acoperiți cu draperii — 9,5 × 0,55 = 5,2 m²
pereții neacoperiții 4/5 — 38 × 0,06 = 2,28 m²

17,13 m²

Durata de reverberație va fi:

$$T = \frac{0,164 \times 56,25}{17,13} = 0,54 \text{ s.}$$

(În cazul de mai sus calculul a fost făcut pentru o frecvență de 512 Hz).

Acest calcul simplu se face pentru toate frecvențele, căutîndu-se ca distribuția materialelor să nu determine abateri ale duratei de reverberație mai mari de 10%. În calculul absorbției intră, bineînțeles, și numărul persoanelor, și alte obiecte casnice care, pentru simplificare, nu au fost introduse. Desigur, dacă există mijloace materiale, se pot face amenajări mult mai costisitoare. Uneori nu se poate obține riguros aceeași durată de reverberație în toată gama de frecvențe. Atunci este necesar să fie utilizate materiale absorbante ce funcționează pe principiul rezonatorilor. De multe ori mobila poate suplini elementele rezonatoare, corijînd astfel alura curbei duratei de reverberație.

Amplasarea dispozitivelor de ascultare constituie o pro· blemă de bază a reproducerilor stereofonice. Astfel, sunetel care ajung la ascultător de la unul dintre difuzoare pot f întărite datorită reflexiilor provocate de un perete reflectant Situația prezentată în fig. III.4 este dezavantajoasă pentr audițiile stereofonice, stînjenind mult distribuția adevărată

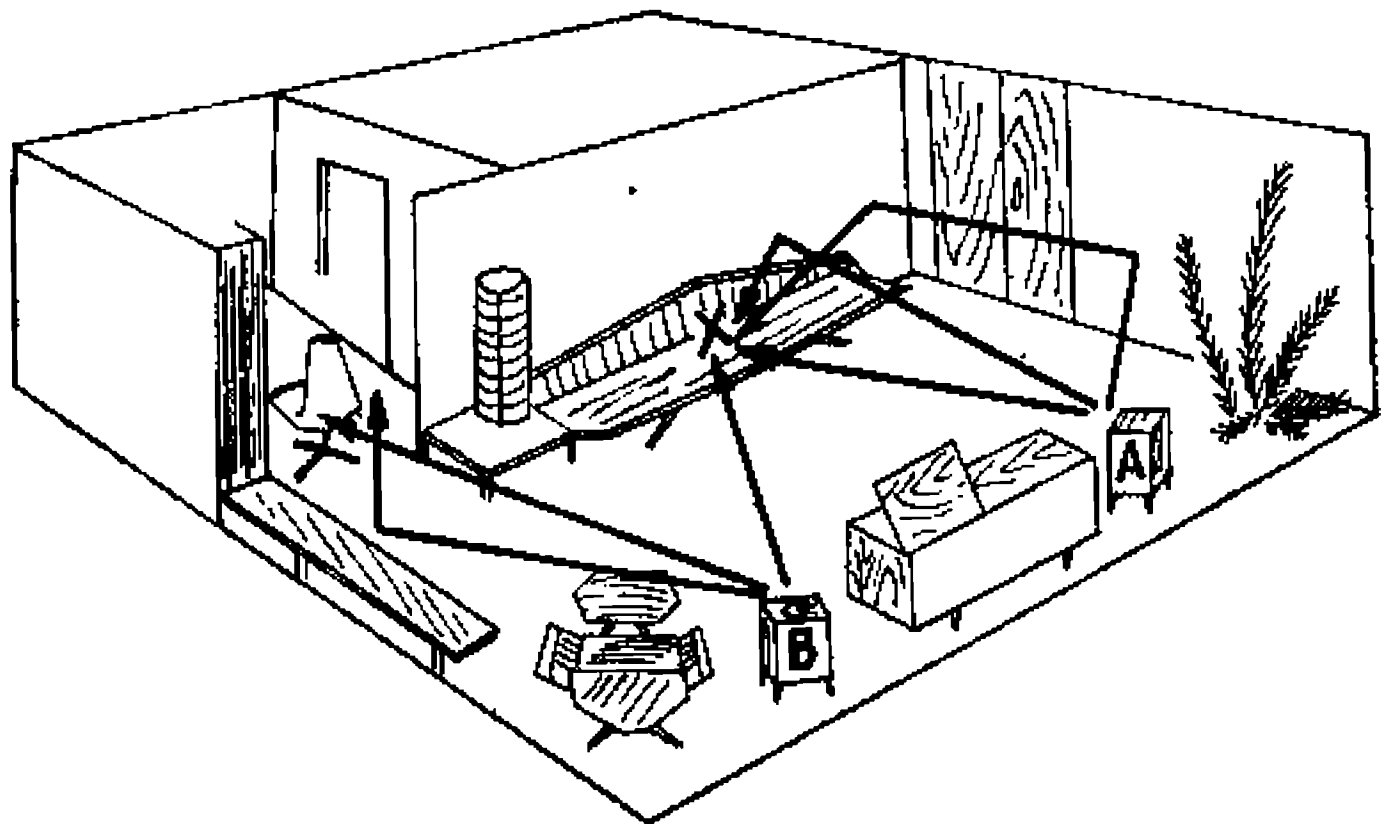


Fig. III.4. Amplasarea necorectă a dispozitivelor de ascultare într-o încăpere:
A, *B* — difuzoare; *X* — poziția ascultătorului.

surselor sonore virtuale. Cu acest dezechilibru sonor, nu s va putea realiza o audiție stereofonică. Pentru ameliorare audițiilor, trebuie să se găsească o poziție a difuzoarelo astfel încît față de auditorul amplasat pe linia de centru între cele două difuzoare, să existe o simetrie acustică. Pri simetrie acustică se înțelege dispunerea în egală măsură elementelor absorbante și reflectante față de linia median a difuzoarelor. Pentru același exemplu din fig. III.4 se creează situație favorabilă reproducerilor stereofonice prin aș zarea difuzoarelor în colțul încăperii (fig. III. 5).

Un amplasament al difuzoarelor ca cel din fig. III. permite o audiție stereofonică de calitate.

O altă metodă ar fi schimbarea condițiilor acustice a încăperii, astfel încît să se creeze simetria dorită. Uneo este necesar chiar să se aplice ambele metode, mutînd difu zoarele și aranjînd unele elemente absorbante pentru a eli mina reflexiile nedorite. Bineînțeles, o soluție cu o valabil tate universală nu se poate da din cauza diversității încăpe

rilor și a materialelor absorbante care se găsesc în încăpere, însă indicațiile generale date vor fi utile pentru realizarea unor audiții stereofonice într-o locuință.

O altă problemă care se pune este alegerea distanței dintre difuzoare și a locului de ascultare. Aceasta este condiționată de mai mulți factori, dintre care cel mai important,

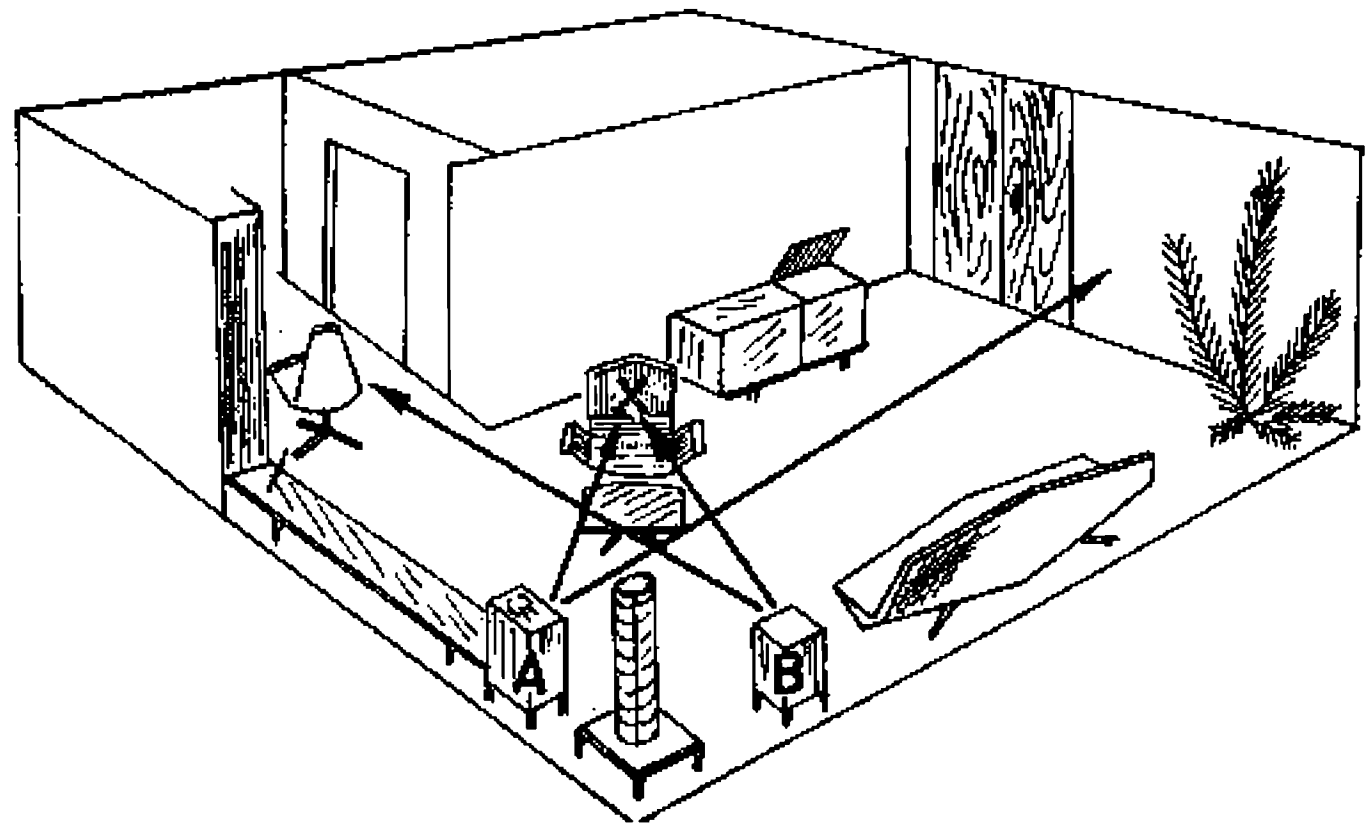


Fig. III.5. Amplasarea corectă a dispozitivelor de ascultare în încăpere :
A, *B* — difuzoare; *X* — poziția ascultătorului.

este diversitatea sistemelor electroacustice folosite în aparatele de radio, agregatele de redat discuri sau combinele în care sînt încorporate aceste elemente. Difuzoarele stereofonice se amplasează de obicei la o distanță de 1,5 pînă la 3 m unul de celălalt. Axele difuzoarelor pot fi perpendiculare, sau înclinate față de perete. Se recomandă ca ascultătorul să aibă poziția corespunzătoare vîrfului triunghiului echilateral format de baza difuzoarelor și locul de ascultare (*ABC*, fig. III.6, *a*).

În încăperi mici, este dificil să se asigure o suprafață de audiție fără apariția unui efect supărător, care constă în perceperea sunetelor de la un difuzor mai tare decît de la celălalt. Pentru înlăturarea acestui efect, se folosesc diferite metode.

Unele agregate moderne perfecționate folosesc un al treilea canal central de tipul canalului „fantomă" (fig. III.6, *b* canalul 2). Alt sistem folosește două difuzoare care redau spectrul sonor în gama de frecvențe medii și înalte (canalele stînga *1* și dreapta *3*), iar un difuzor central *2* redă suma celor două canale la frecvențe joase (fig. III.6, *c*).

Sistemul cu rezultate mai puțin bune este acela care redă pe unul dintre difuzoare toată gama de frecvențe (canalul *1* reunit cu canalul *2*), iar pe celălalt, gama de frecvențe medii și înalte ale canalului *2* (fig. III.6, *f*).

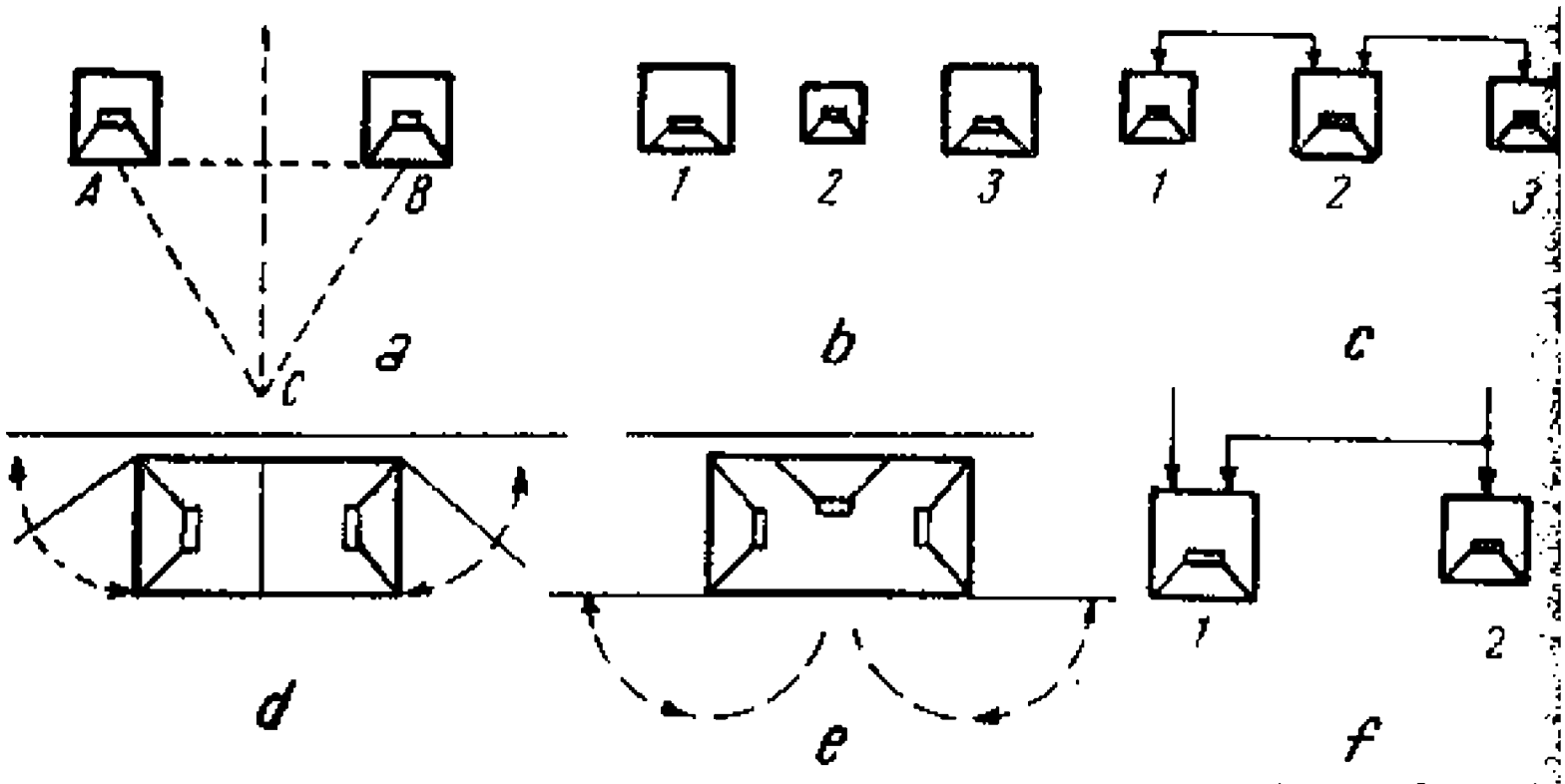


Fig. III.6. Diferite moduri de îmbunătățire a condițiilor de ascultare în încăperile de locuit.

În sfîrșit, mobila stereofonică este prevăzută cu elemente reflectante, așa cum se vede în fig. III.6, *d*.

O altă problemă care se pune este determinarea orientării optime a dispozitivelor de ascultare identice (înclinarea unuia față de celălalt) pentru a crea o suprafață maximă de audiție stereofonică. Experimentările s-au realizat cu două difuzoare obișnuite avînd diametrul de 33 cm. Caracteristicile de directivitate ale difuzoarelor la frecvențe înalte trebuie să se intersecteze pentru a obține rezultate bune. Acest lucru determină orientarea lor pentru a crea suprafața de interferență. În fig. III.

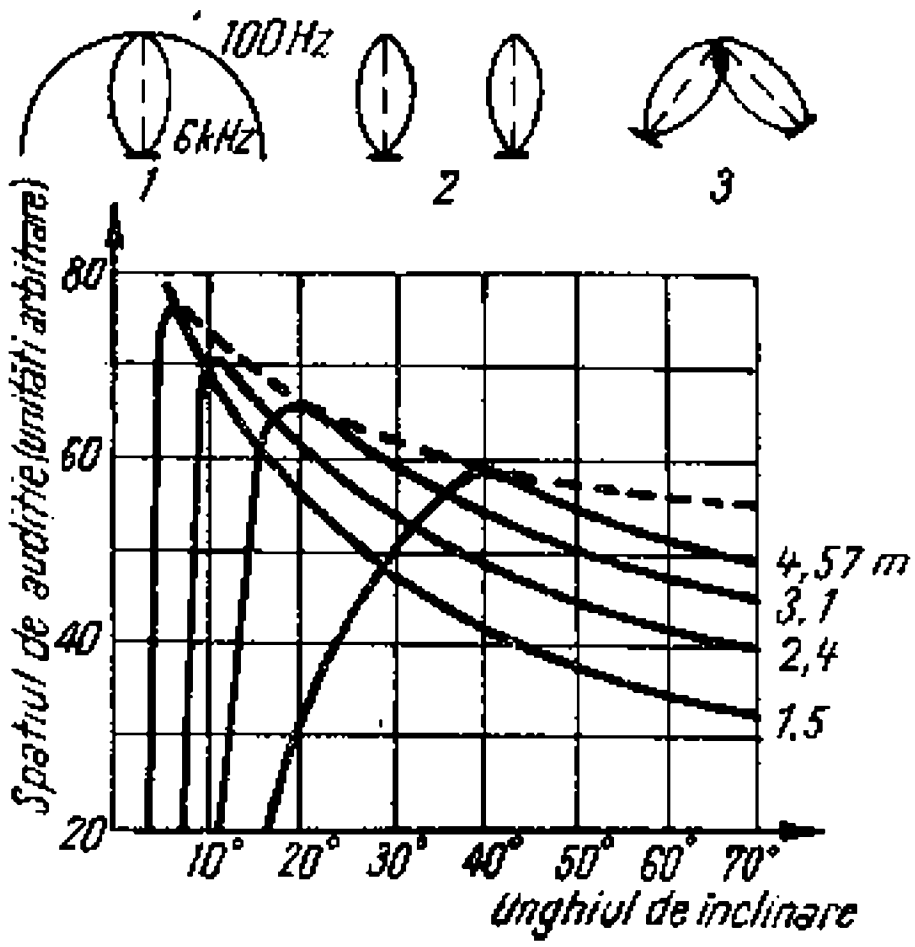


Fig. III.7. Variația spațiului de percepere a efectului stereofonic în funcție de unghiul de înclinare a dispozitivului de ascultare.

sînt reprezentate gr

fic rezultatele experiențelor pentru obținerea unei suprafețe de audiție maximă în funcție de înclinarea difuzoarelor față de perete, parametru fiind distanța între ele. Din diagramă se observă că există o suprafață maximă de audiție stereofonică atunci cînd aceste difuzoare sînt distanțate între ele cu 2,4 m și cînd au înclinări de 15° față de peretele pe care sînt montate. Aceste rezultate pot servi ca bază în vederea amenajării încăperii pentru reproduceri stereofonice.

b. *Camere destinate audițiilor stereofonice de înaltă calitate*

Audițiile stereofonice de înaltă calitate necesită încăperi de dimensiuni și forme speciale. În aceste încăperi se poate asigura și controlul unor înregistrări stereofonice de calitate. Foruri internaționale au făcut recomandări referitoare la aceste camere. Astfel, încăperile trebuie să aibă un volum cuprins între 90 și 150 m³, necesar pentru amplasarea aparaturii electroacustice, pentru obținerea unei baze de redare mare și unui spațiu de audiție pentru cinci sau zece persoane. De obicei se recomandă un volum de 140 m³.

Suprafața încăperii va fi de formă dreptunghiulară, avînd raportul dintre lățimea și lungimea camerei de 1 : 1,05...1,3. Fereastra vizoare dintre încăperea unde se face ascultarea și studioul pentru înregistrare trebuie să aibă dimensiunile de 3,5 × 1,5 m. În ceea ce privește durata de reverberație, aceasta va fi de 0,4 — 0,5 s în gama de frecvențe de la 150 pînă la 15 000 Hz. Abaterile de la această valoare vor fi cît mai mici, astfel încît variația duratei de reverberație în funcție de frecvență să fie practic constantă. În cazul încăperilor profesionale, obținerea unui tratament acustic corespunzător este relativ ușoară. În acest caz, pereții sînt supuși unor tratamente acustice, necesare corectării absorbției sunetului la diferite frecvențe. În general, aceste structuri sînt confecționate din placaj, special perforat, sau plin dispus în așa fel încît să creeze o simetrie acustică față de linia mediană a bazei difuzoarelor. Ca lungime a bazei de redare, deocamdată, a fost stabilită valoarea de 4,5 m, ascultătorul plasîndu-se la o distanță de 4 m față de această bază. Aceste distanțe au fost alese după criteriul obținerii unei zone cît mai mari în

care centrul să se poată localiza bine. În fig. III.8 este reprezentată o astfel de încăpere cu o suprafață de 45 m² și un volum de 140 m³. Înălțimea ei este de 3,1 m. Asupra înălțimii unor astfel de încăperi nu s-au stabilit norme precise, urmînd să se facă experiențe pentru a găsi o valoare optimă.

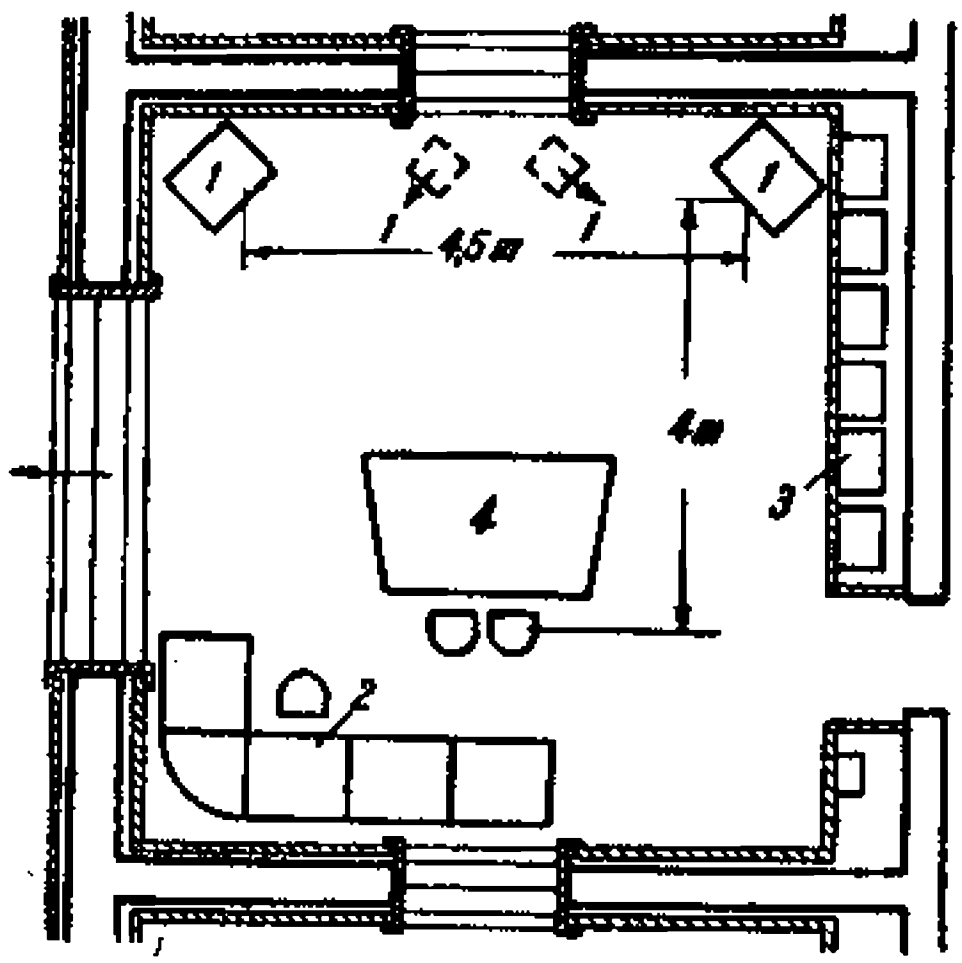


Fig. III.8. Încăpere destinată ascultărilor stereofonice de înaltă calitate:
1 — dispozitive de ascultare; *2* — agregate pentru reproducerea înregistrărilor sonore; *3* — stelaje cu aparataj; *4* — pupitru de mixaj.

Ca un caz particular al reproducerilor stereofonice în spații cu absorbție mare de sunet, se va trata succint în paragraful următor problema sonorizărilor în aer liber. În principiu, această situație este similară cu aceea a sonorizărilor în camere absorbante, adică mărirea zonei de percepție stereofonică este posibilă numai prin dirijarea judicioasă a sunetului direct și prin alegerea convenabilă a caracteristicilor de directivitate ale difuzoarelor.

2. Reproducerile stereofonice în aer liber

Prezentarea unor spectacole de operă, teatru sau varietăți pe scenele situate în aer liber a făcut necesară studierea condițiilor optime de audiție stereofonică.

Prin efectuarea unor experiențe, s-a căutat să se găsească soluțiile care permit reproduceri stereofonice de bună calitate pe suprafețe cît mai mari. Obținerea unor suprafețe

foarte mari de audiție stereofonică este una dintre cerințele principale ale reproducerilor în aer liber. Aceasta, deoarece, în cele mai multe cazuri, aceste spectacole sînt destinate unui public numeros.

Dintre factorii importanți care influențează o reproducere de sunet stereofonic în aer liber, sînt cei climatici. Condițiile climatice ale locului unde are loc reproducerea stereofonică, cum ar fi temperatura, vîntul sau umiditatea, pot altera sunetul redat prin difuzoare, pot modifica intensitatea acestuia, sau pot produce neuniformități în cîmpul sonor. De remarcat că anumiți factori care influențau în mod pozitiv reproducerile stereofonice din încăperi, cum ar fi, de exemplu, reflexiile, lipsesc în acest caz.

Efectuarea unei serii de experiențe au permis tragerea unor concluzii importante, care la rîndul lor, au dat posibilitatea rezolvării într-o mare măsură a problemei sonorizărilor stereofonice în aer liber.

Deoarece unele dintre aceste experiențe prezintă un interes deosebit, ele vor fi descrise în cele ce urmează, indicîndu-se și rezultatele obținute.

Experimentările descrise au avut loc pe un cîmp deschis, cu o suprafață suficient de mare. S-au folosit coloane de difuzoare așezate pe un zid. Un agregat de redat discuri stereofonice s-a conectat la intrarea amplificatoarelor de putere, fiecare grup de difuzoare fiind alimentat de un astfel de amplificator. În acest fel s-a creat posibilitatea de a se regla nivelul de intensitate la diferite grupe de difuzoare independente unele de altele. S-a experimentat la început cu două coloane de difuzoare, fiecare compusă din 6 difuzoare cu o putere nominală de 8 W. Distanța între difuzoarele montate pe verticală fiind foarte mică, practic, puteau fi considerate ca așezate unele lîngă altele. Panoul pe care s-au fixat aceste difuzoare avea dimensiunile 3,8 $\times$ 1,57 m. O asemenea coloană de difuzoare permite obținerea unei caracteristici pe directivitatea globală foarte ascuțită în planul vertical, în planul orizontal fiind asemănătoare cu aceea a unui singur difuzor. Cu aceste două coloane s-a obținut o suprafață de audiție îngustă în apropierea bazei și mai largă pe măsura creșterii distanței față de baza de redare.

Pentru mărirea suprafaței de audiție stereofonică s-au adăugat coloane de difuzoare. Dispoziția coloanelor adiționale a fost astfel stabilită încît să prezinte, la fel ca și primele, o simetrie față de axa suprafeței de audiție. Prin varierea

distanțelor dintre grupele de difuzoare și a orientării anumitor grupe, s-au determinat suprafețe de audiție stereofonică cu diferite forme și mărimi. Acest lucru este ilustrat în fig. III.9. Se observă că s-au putut obține suprafețe destul de mari cu o audiție stereofonică satisfăcătoare din punct de vedere al calității. Suprafețele maxime au o adîncime de circa 100 m și o lărgime mai mare de 100 m. De remarcat că, mărimea acestora este condiționată nu numai de lărgimea bazei de redare ci și de puterea electrică a grupelor de difuzoare. Astfel, suprafața delimitată de curba *1* este obținută cu două grupe de difuzoare situate la o distanță de 4 m față de axa suprafeței sonorizate și orientate perpendicular pe linia de bază. Prin adăugarea a două coloane distanțate la 7 m față de axă și orientate la fel ca și primele, s-a mărit în adîncime suprafața de audiție stereofonică (curba *2*). Pentru a lărgi și mai mult această suprafață, s-au încercat încă două variante. Prima variantă constă în deplasarea coloanelor de difuzoare astfel încît să fie situate la 12 m față de axă și din dirijarea spre axa suprafeței a grupelor de difuzoare situate la 4 m. În acest fel s-a obținut o suprafață cu o adîncime de peste 70 m și o lățime de peste 100 m (curba *3*). A doua variantă a fost realizată tot cu coloane duble, primele amplasate la 11 m față de axă și celelalte două, la 15 m. Suprafețele de audiție în acest caz s-au mărit considerabil, ajungîndu-se la o adîncime de 100 m și o lățime de circa 120 m.

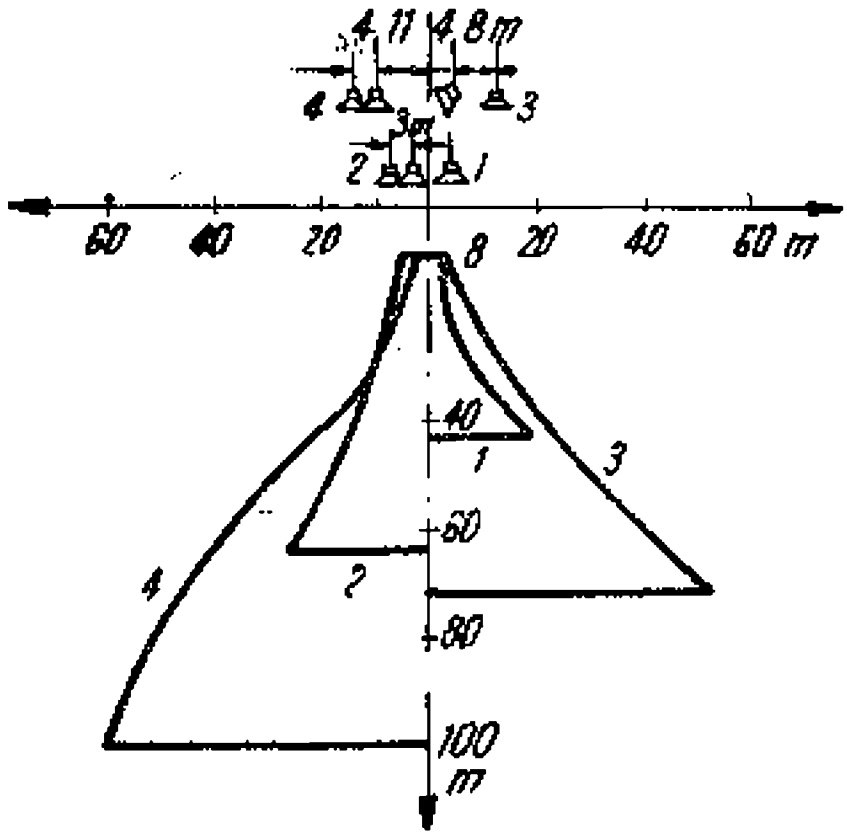


Fig. III.9. Delimitarea zonelor de audiție stereofonică în aer liber.

La efectuarea acestor experiențe s-a ținut seama de factorii climatici.

Unul dintre acești factori este *temperatura*. În funcție de gradientul de temperatură, se produce o înclinare mai mare sau mai mică a frontului undei sonore. Înclinarea se datorește refracției undelor sonore provocată de densități

diferite ale straturilor de aer. Drept rezultat al acestor refracții se obține o curbare a fasciculului sonor. În fig. III.10 sînt reprezentate cazurile pentru gradienții pozitivi și negativi de temperatură. Se observă că un gradient pozitiv de temperatură este favorabil pentru reproduceri de sunet în aer liber, pe cînd gradientul negativ, este defavorabil sonorizărilor, deoarece provoacă o ridicare a fasciculului sonor.

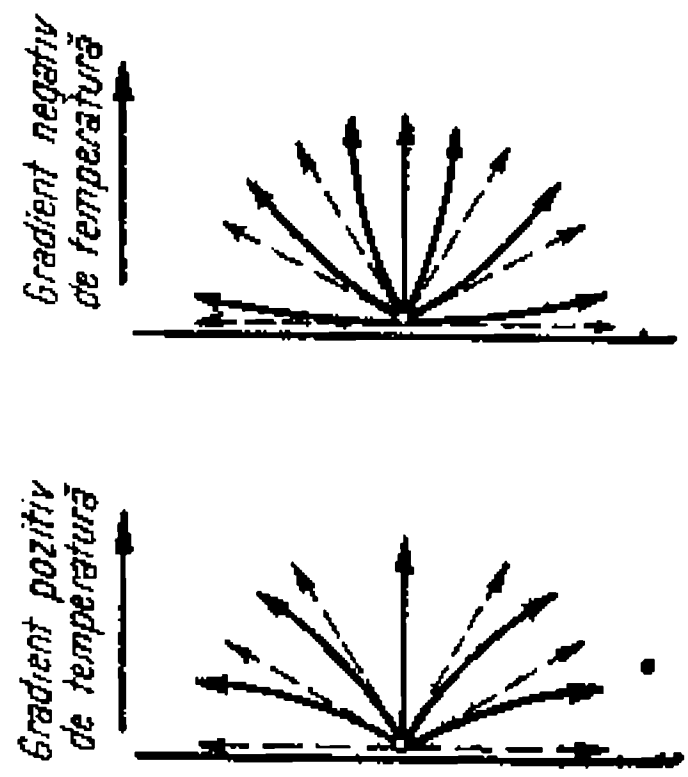


Fig. III.10. Influența temperaturii asupra propagării undelor sonore.

Vîntul este al doilea factor de care trebuie să se țină seama la o reproducere de sunet stereofonică în aer liber. Astfel, în determinarea suprafeței de audiție trebuie avut mereu în vedere unghiul dintre direcția de propagare a frontului undei sonore și aceea a vîntului. S-a observat că atît timp cît vîntul are același sens cu sensul de propagare a frontului undei nu se produce o modificare a suprafeței de ascultare. Același lucru este valabil (cu anumită aproximație) pentru un sens al vîntului contrar celui de propagare. Constatările s-au făcut pentru diferite intensități ale vîntului, mergînd pînă la gradul 6. Suprafața se micșorează foarte puțin cînd vîntul are sens opus. S-a evaluat această micșorare la circa 5%. Modificări substanțiale s-au constatat însă în cazul cînd direcția vîntului este perpendiculară pe aceea a propagării sunetului. La un vînt de tăria 6, se produce o deplasare cu circa 15% a suprafeței de audiție stereofonică în direcția vîntului. În sfîrșit, un alt factor este *umiditatea*. În aer se produc absorbții de energie sonoră, care cresc cu atît mai mult cu cît aerul conține o cantitate mai mare de vapori de apă și cu cît temperatura este mai mare. De asemenea, absorbția de sunet este sensibil mai mare la frecvențele înalte. Astfel, la o umiditate de 50%, o temperatură de 10°C și pentru frecvența de 15 000 Hz, coeficientul de absorbție are o valoare de $5 \cdot 10^{-4}$. Ridicarea temperaturii cu încă 10^0 produce o dublare a coeficientului de absorbție. Aceasta este motivul pentru care în timp de ceață sunetele se aud înăbușit.

Toate constatările de mai sus au permis realizarea în practică a sonorizărilor stereofonice în aer liber. În fig. III.11 este reprezentată schiţa de amplasament a coloanelor de difuzoare şi limitele zonei de audiţie stereofonică. Instalaţia electroacustică cu care s-a făcut sonorizarea este formată dintr-un pupitru de reglaj, care permite conectarea unui agre-

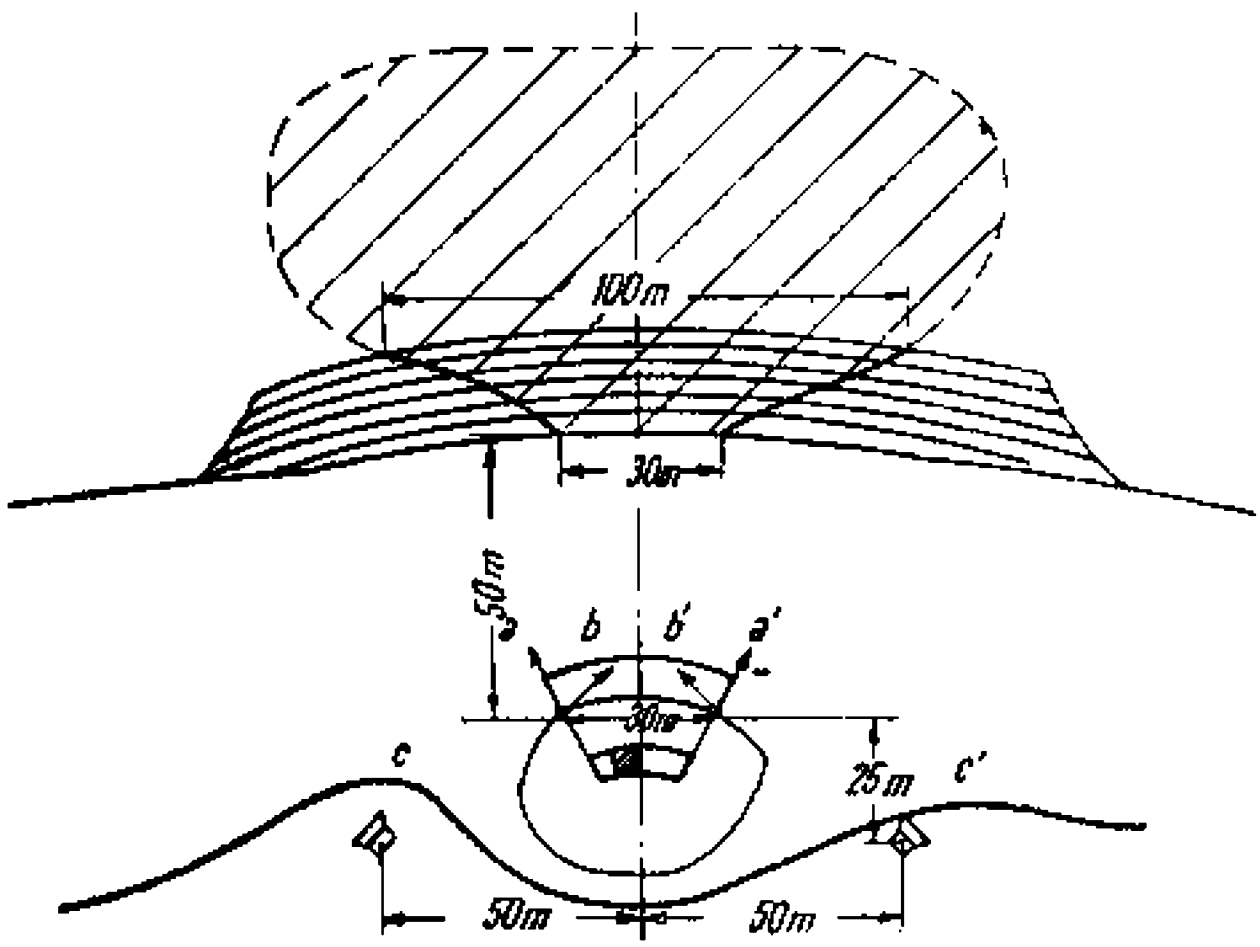


Fig. III.11. Amplasarea coloanelor de difuzare şi delimitarea zonei de percepere stereofonică.

gat de redat discuri stereofonice sau a unui magnetofon stereofonic. Instalaţia permite de asemenea corectarea caracteristicii de frecvenţă a instalaţiei la frecvenţe înalte şi joase. Puterea electrică a instalaţiei este de 600 W. Scena se află pe o insulă situată la 50 m de locul de unde sînt amplasaţi spectatorii. Suprafaţa de audiţie stereofonică are forma unui trapez cu baza mică de circa 30 m şi baza mare de circa 100 m.

Coloanele de difuzoare sînt amplasate astfel:

— două coloane (a, a') montate la o distanţă de 15 m faţă de axă şi orientate ca în figură;

— două coloane (b, b') montate la aceeaşi distanţă, însă orientate spre axul de simetrie al suprafeţei de ascultare;

— două coloane (c, c') situate la circa 50 m faţă de axa de simetrie şi la circa 25 m în spatele celorlalte coloane. Coloanele cu difuzoare (a, a') şi (b, b') sînt montate în faţa scenei.

În spatele băncilor destinate spectatorilor mai există o zonă de audiție stereofonică pe o adîncime suficient de mare (aproximativ 80 m). Totuși, la distanțe prea mari, audiția stereofonică se transformă în audiție monofonică, datorită scăderii intensității sonore și micșorării unghiului de audiție.

3. Stereoreverberația

Stereoreverberația nu este — așa cum s-ar părea după denumire — o variantă a redării stereofonice. Totuși, este descrisă în capitolul de față, deoarece are o contribuție de seamă la crearea impresiei de spațialitate, ajutînd în acest fel reproducerile stereofonice în săli.

Calitatea reproducerilor sonore este condiționată nu numai de asigurarea unui spectru de frecvențe cît mai întins, de absența unor zgomote perturbatoare și a distorsiunilor, ci și de distribuția sunetului în spațiu. S-a arătat în capitolele precedente că stereofonia reușește să „fixeze" fiecare sursă de sunet fictivă într-o poziție cît mai apropiată de aceea a sursei sonore din realitate. Totuși pentru a crea ascultătorului impresia că se găsește în sala de concert, trebuie să se țină seama de acustica sălii. Caracterul difuz al sunetului reflectat nu se poate obține prin intermediul unui singur difuzor.

Un calcul suficient de simplu arată că într-o încăpere sunetul direct poate fi mai slab decît cel reflectat, începînd chiar de la distanță mică față de sursa sonoră. Într-adevăr, la o distanță r, o sursă sonoră cu puterea P va crea o densitate de energie $\frac{P}{4\pi r^2 c}$ (c fiind viteza sunetului). Considerînd apoi o sală de volum V, cu o durată de reverberație T, se găsește că densitatea de energie pentru sunetul indirect este $\frac{PT}{13{,}8\ V}$. Egalitatea densităților de energie este posibilă cînd r_0 are expresia

$$r_0 = \left(\frac{1{,}1\ V}{c\ T}\right)^{1/2}. \qquad \text{(III.4)}$$

Pentru o sală cu un volum de 1 000 m³ și o durată de reverberație de 1 s, rezultă $r_0 = 1{,}8$ m. Se vede că în acest caz la o distanță mai mare decît 1,8 m sunetul direct este mai slab decît cel reflectat. Iată, deci, că sunetul reverberat nu este de loc neglijat. Prin urmare, pentru a reproduce

în mod satisfăcător un concert, este necesar să se refacă la reproducere și caracteristicile acustice ale sălii în care s-a făcut înregistrarea sunetului. Dacă s-ar capta cu ajutorul unui microfon sunetul reflectat dintr-o sală, desigur că ar putea fi reprodusă și prelungirea datorită reflecțiilor. Aceasta nu înseamnă însă că s-a redat și caracterul lui difuz. De aici a rezultat necesitatea de a se reda prin mijloace artificiale caracterul difuz al sunetului reflectat. Această posibilitate de a reda artificial caracterul difuz al sunetului reverberat a fost numită stereoreverberație. Prin stereoreverberație se poate crea impresia ambianței dintr-o sală de concert. Instalații electroacustice cu o construcție specială permit realizarea efectului de stereoreverberație. În momentul de față există mai multe săli prevăzute cu asemenea instalații.

În principiu o astfel de instalație electroacustică este realizată în felul următor (fig. III.12). Semnalele stereofonice produse de cele două canale sînt trimise la două grupuri de

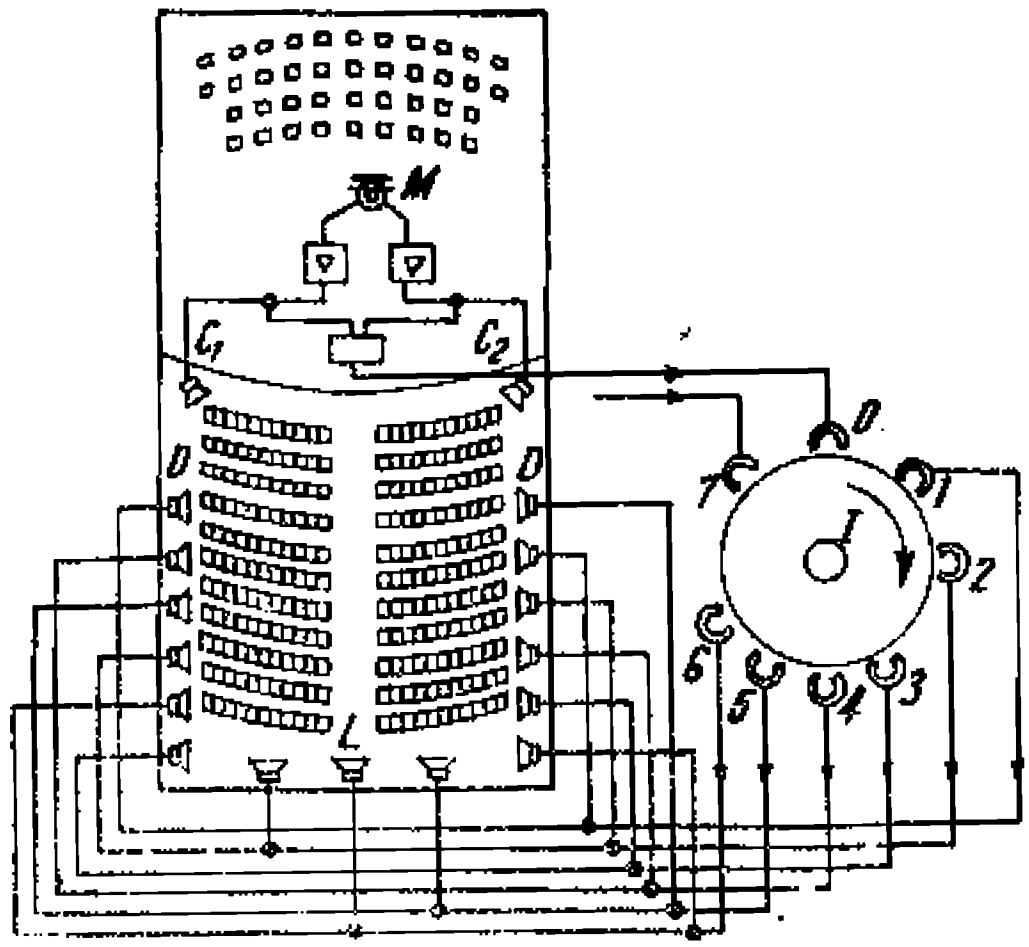


Fig. III.12. Instalație pentru stereoreverberație.

difuzoare. Prin intermediul acestor grupuri de difuzoare este posibilă crearea imaginii sonore și, deci, localizarea surselor de sunet fictive. Acesta este sunetul direct. Pentru obținerea sunetului indirect, tensiunile de ieșire ale celor două canale sînt amestecate și înregistrate din nou pe un dispozitiv de întîrziere. În cazul de față, dispozitivul este format dintr-o

roată acoperită la periferie cu un strat magnetic, semnalele înregistrate putînd fi redate cu ajutorul mai multor capete de redare de magnetofon (4 pînă la 6). Cele două semnale stereofonice fiind înregistrate împreună pe stratul magnetic al tamburului, semnalul rezultant este cules de pe acesta cu întîrzieri ce pot fi variate în funcție de poziția capetelor de redare și a vitezei de rotație a tamburului. Fiecare cap este conectat la un lanț de amplificare, prin care se alimentează mai multe grupe de difuzoare situate în diferite puncte din sală. Semnalul de la ultimul cap de redare este aplicat prin reacție la intrarea amplificatorului de înregistrare, mărindu-se astfel la infinit numărul de repetări și păstrîndu-se totuși o descreștere exponențială a semnalelor. Un potențiometru introdus în circuitul de reacție permite alegerea curbei exponențiale de descreștere a semnalelor și, deci, a duratei de reverberație.

Este necesar să se menționeze că întîrzierile prin intermediul dispozitivului de mai sus pot fi provocate atît la redare, cît și la înregistrare. În cazul înregistrării, trebuie să existe pentru fiecare timp de întîrziere o pistă separată. De exemplu, în cinematografie se fac înregistrări sonore pe 6 piste în așa fel încît 3 piste să fie folosite pentru înregistrări stereofonice, iar celelalte 3, pentru efecte de stereoreverberație. La montarea unor astfel de instalații trebuie să se țină seama că sunetul vine din direcții diferite și cu diverse întîrzieri.

Pentru obținerea unor efecte cît mai bune de stereoreverberație, trebuie să se ia unele măsuri.

— Timpul de întîrziere a semnalelor care se aplică difuzoarelor trebuie să fie astfel ales încît un ascultător din sală să primească întîi sunetul direct și apoi pe cel reflectat. În cazul nerespectării acestei recomandări, se obține un efect neplăcut, și anume ascultătorii au impresia că sunetul nu sosește de pe scenă, ci din difuzorul montat pe perete.

— Pe de altă parte, trebuie avut în vedere că diferența de timp între sunetul direct și cel întîrziat să nu depășească valoarea maximă de 50 ms. Pentru întîrzieri mai mari de 50 ms, apare efectul de ecou.

— Nivelul de intensitate al difuzoarelor cărora li se aplică semnale întîrziate trebuie să nu fie prea mare. În caz contrar, sunetul se va auzi separat de la acest difuzor, ceea ce nu este recomandabil, deoarece strică efectul de difuzie. Pe de altă parte, nivelul global al sunetului în încăpere trebuie astfel reglat încît redarea timbrului vocilor sau al instrumentelor muzicale să rămînă nealterată.

Stereoreverberaţia este aplicată în momentul de faţă t special în acele săli care au o întrebuinţare multiplă. Pentru îmbunătăţi acustica acestor săli, care au de obicei o difuzitat a sunetului scăzută şi o durată de reverberaţie mică, es preferabil să se utilizeze o asemenea instalaţie electroacusti în locul unor modificări structurale. Această soluţie este m economică şi mai rapidă. În plus, realizarea unei instalaţii stereoreverberaţie într-o sală de teatru, care are o bună acu tică pentru vorbă, permite utilizarea acesteia şi pentru m zică, cu păstrarea calităţilor iniţiale.

4. Sunetul panoramic

Deşi sunetul panoramic nu este legat direct de unul din tre procedeele de înregistrare sau redare stereofonică, totu permite crearea unei impresii de spaţiu în reproducerea s netului în săli sau în aer liber. Prin realizarea unui sune panoramic se urmăreşte deplasarea imaginii sonore, satisfă cîndu-se astfel necesitatea care apare uneori în teatru de se produce deplasări ale surselor de sunet în raport cu specta torul. Mişcarea apare în acest caz din alimentarea succesiv a unor grupuri de difuzoare. Amplasarea acestor difuzoare s poate face în aşa fel încît între ele să nu existe distanţe m mari de 5 m. Schema de principiu a unei instalaţii pentru pro ducerea sunetului panoramic este reprezentată în fig. III.1 grupul de difuzoare notat de la D_1 la D_n este alimentat d

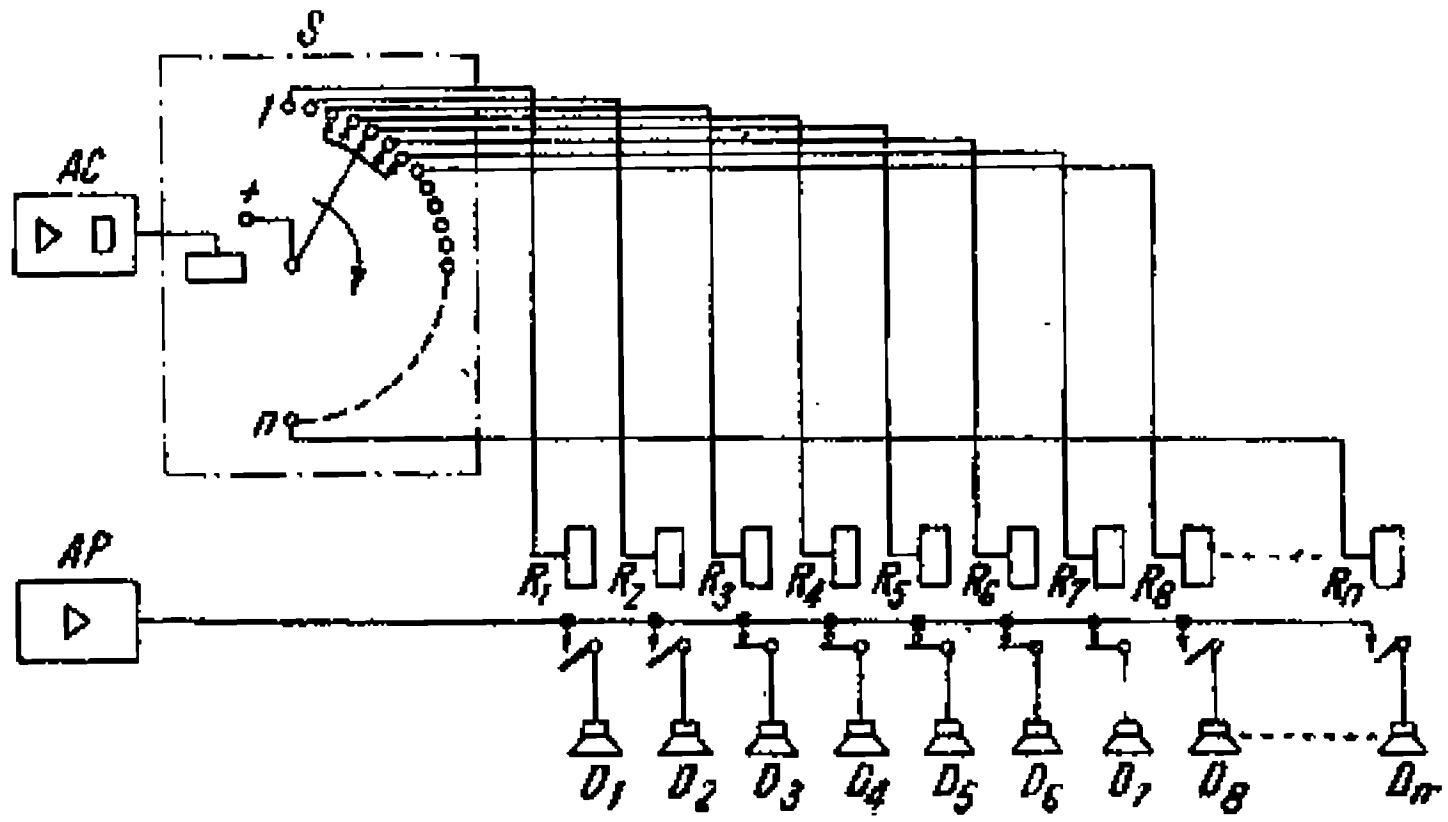


Fig. III.13. Instalaţie pentru obţinerea sunetului panoramic.

amplificatorul AP prin intermediul contactelor releelor R_1 — R_n. Aceste relee, la rîndul lor, sînt acţionate de un selector de tip telefonic S, care este excitat prin impulsurile primite de la amplificatorul de comandă AC. Se poate observa că la alcătuirea schemei s-au luat măsuri ca să se păstreze continuitatea sunetului, adică să nu se producă întreruperi sau diferenţe de nivel. Evitarea întreruperilor este realizată prin păstrarea continuă în funcţie a 5 difuzoare. Prin alimentarea simultană a acestora, se obţine şi un minim în variaţia presiunii sonore în timpul funcţionării selectorului. Pentru fiecare program (în cazul redării unor programe simultane) este necesară o asemenea instalaţie. Comenzile pentru acţionarea instalaţiilor care sînt în legătură cu desfăşurarea spectacolului sînt realizate printr-o serie de impulsuri înregistrate pe bandă de magnetofon. Frecvenţa lor este cuprinsă în banda de audiofrecvenţă. Se alege un raport minim de 1/1,25 între frecvenţele care acţionează două selectoare. Pentru extragerea frecvenţei necesare acţionării selectorului, se utilizează un amplificator selectiv. Semnalele de comandă selectate sînt transmise releelor de comandă ale difuzoarelor.

Se recomandă folosirea unor instalaţii automate pentru sălile mari, unde sînt necesare multe difuzoare. În cazul sălilor mici, se pot utiliza instalaţii cu comandă manuală.

În cele mai multe cazuri sunetul panoramic este legat şi de efectele de lumină. O serie de reflectoare de intensităţi şi culori diferite sînt acţionate pe principii asemănătoare cu cele de la instalaţiile pentru sunet.

BIBLIOGRAFIE

1. *Vermeulen R.*, La stéréo-reverberation, Revue Technique Phillips, ian-febr. 1956, pp. 241—250.
2. *Tak W.*, Réalisation du „Poème Electronique" dans le pavilion Phillips à l'Exposition Universelle de Bruxelles. Les effets sonores, Revue Technique Phillips, nr. 2/3, Tome 20, 1958/1959.
3. *Vermeulen R.*, Stéréo-reverberation, Journal of the Audio-Engineering Society, 6 (1958), nr. 2 (April).
4. *Condamines R.*, Le repérage spatial des sons, L'onde électrique, nr. 420 mars 1962.
5. *Necşulea A.*, Schimbarea caracteristicilor acustice ale sălilor prin mijloace electroacustice, Telecomunicaţii 6/1960, pp. 243—248.

6. *Vieth R.*, Stereophonie im Freien, Radio Mentor, oct. 1959, Heft 1(pp. 802—803.
7. *Bauer B. B.* and *Stoles G. W.*, Stereophonic Projection Consoles, IR Transactions on Audio, ian-febr. 1960, pp. 13—17.
8. *Abraham B. Cohen*, Acoustique arhitecturale pour stéréophonie, T et TV, fev. 1960.
9. *** Technique acoustique moderne II. Dispositions électroacoustiq dans les grands théatres, Revue Technique Philips, Tome 1959/1960, nr . 2, pp. 55—76.
10. *** Stereophonische Aufnahme und Wiedergabe von Schall, Fu technik, nr. 11/1958, pp. 364—366.
11. *Pujolle J.* et *Condamines R.*, Essais de Stéréophonie à la Radiod fusion — Télévision Française, Revue du Son, nr. 87—8 Iul-Aug. 1960, pp 209—211.
12. *** Les haut-parleurs et la Stéréophonie, Revue du son, Mars-Av 1960.
13. *Lafaurie R.*, Idées nouvelles pour haut-parleurs, Revue du Son, N 1961, pp. 350—353.
14. *Olson H. F.*, Stéréophonic sound reproduction in the home, Journ of the Audio Eng. Soc., nr. 2, aprilie 1958.
15. *Steinke G.*, Influenţa Stereofoniei asupra tehnicii studiourilor de radi difuziune O.I.R.T. doc. TC-stereo-14.
16. *Neculea A.*, Bazele acusticii clădirilor, Ed. Academiei R.P.R., Bucure 1960.

Capitolul IV

INSTALAȚII STEREOFONICE

Tehnica înregistrărilor și reproducerilor stereofonice a luat în ultimul timp o dezvoltare considerabilă. Este cunoscut că această tehnică a fost introdusă în industria producătoare de agregate de redat discuri și în cea producătoare de agregate de magnetofon. În momentul de față se produc filme cu înregistrare stereofonică a sunetului. Sălile de cinematograf, cele de concert sînt prevăzute cu instalații de sonorizare stereofonice. De asemenea s-a trecut la experimentarea radiodifuzării stereofonice a programelor.

Realizările din domeniul stereofoniei au la bază principiile expuse în capitolele precedente. Înregistrările, reproducerile, radiodifuzarea stereofonică implică existența unor instalații noi, de construcție specială, care să corespundă noilor obiective. Aceste instalații prezintă un interes deosebit pentru cei interesați în obținerea unor înregistrări și reproduceri de înaltă calitate a sunetului. Acesta este motivul pentru care se trec în revistă în paragrafele următoare elementele care caracterizează un lanț electroacustic stereofonic, dispozitivele de ascultare utilizate în stereofonie, schemele-bloc ale unor instalații stereofonice folosite în cinematografie, problema radiorecepției, respectiv, a radioemisiei stereofonice.

1. Instalații electroacustice pentru înregistrarea și reproducerea stereofonică a programelor muzicale sau vorbite

Înregistrările și reproducerile stereofonice ale programelor muzicale sau vorbite necesită instalații electroacustice de construcție specială.

Sălile de spectacol cu întrebuințări multiple (teatru, concert, varietăți etc.) sînt prevăzute cu astfel de instalații.

De asemenea, radiodifuziunile din diferite țări se preocupă de producerea și punerea în funcțiune a unor instalații stereofonice de înaltă calitate. Radiodifuziunea programelor stereofonice, producția de discuri stereofonice și sonorizarea sălilor implică utilizarea unui aparataj special care trebuie să satisfacă condițiile de înaltă fidelitate.

Deoarece acest aparataj cuprinde elemente care prezintă un interes deosebit pentru tehnica înregistrării stereofonice, în cele ce urmează vor fi descrise aceste elemente, indicîndu-le și principalele caracteristici tehnice. Totodată se va face o trecere în revistă a unor instalații stereofonice complete.

a. *Elemente specifice instalațiilor electroacustice stereofonice*

În principiu o instalație electroacustică destinată înregistrărilor stereofonice cuprinde elemente asemănătoare cu cele proprii instalațiilor utilizate în înregistrările monofonice. Însă, spre deosebire de acestea, la o instalație electroacustică stereofonică, pe lîngă așa-numitul reglaj de intensitate, intervine și reglajul de direcție. Reglajul de direcție prezintă o importanță deosebită, deoarece permite corijarea anumitor deficiențe de captare și influențează în mod considerabil imaginea spațială de la redare, dîndu-i o anumită independență față de aranjamentul real al orchestrei și al microfoanelor.

În cazul unui reglaj de direcție, este necesar să se țină în considerare doi factori, și anume : direcția din care trebuie să se audă grupurile orchestrale și lărgimea bazei de înregistrare. Așadar, reglajul de direcție va fi realizat numai dacă va exista pentru fiecare microfon un element de reglaj al bazei și un altul pentru reglarea direcției.

Pentru reglarea lărgimii bazei de înregistrare, se consideră, de exemplu, un sistem de microfoane cu caracteristici de directivitate în formă de sferă — opt, ca acelea indicate în fig. II.18 în care caracteristica în formă de sferă reprezintă informația de mijloc M, iar cea în formă de opt, informația de situație laterală S. Dacă se acționează asupra canalului electroacustic corespunzător informației laterale S, respectiv dacă se mărește sau se micșorează amplificarea acestui canal, se va mări sau micșora lărgimea bazei. Reducerea completă a semnalului S va însemna reducerea imagi-

sonore, la un punct situat în mijlocul bazei. Pentru reglarea direcției, se consideră de asemenea microfonul stereofonic de mai sus; se observă că la $-90°$ cele două semnale M și S au aceeași amplitudine și fază, pe cînd la $+90°$ amplitudinele sînt egale, iar fazele sînt opuse. Prin urmare, energia sonoră dată de o sursă care se deplasează în jurul microfonului la o anumită distanță va fi captată de cele două capsule microfonice cu amplitudinile și fazele corespunzătoare acestor caracteristici. La redare, sursa de sunet fictivă va respecta sensul deplasării, urmărind întocmai pe cea de la înregistrare. Se poate arăta că suprimarea tensiunii produse de componenta S a microfonului și introducerea în locul acesteia a unei tensiuni cu caracteristici similare luate în paralel de la canalul M ar putea reproduce în mod artificial mișcarea sursei reale. Pentru aceasta este necesar ca tensiunea luată de la canalul M să fie trecută printr-un element de reglaj, cu variația continuă și cu caracteristică de directivitate asemănătoare cu componenta S. În fig. IV.1 este reprezentată o astfel de schemă. Se observă că la canalul M, după atenuator, s-a conectat în paralel elementul de reglare al direcției R, care permite deplasarea sursei sonore fictive. Acest element de reglaj corespunde funcțiunii indicate mai sus și este compus din două rezistențe care variază în sens invers. Cele două rezistențe variabile, așa cum este indicat și în fig. IV.2, formează o punte, tensiunea luată de la canalul M aplicîndu-se pe diagonala verticală. În poziția de mijloc a celor două cursoare, se produce o echilibrare a circuitului obținîndu-se pe diagonala orizontală o tensiune electrică nulă. În pozițiile extreme, la bornele S se găsește întreaga tensiune M, însă cu faze opuse. Acest principiu se aplică și în cazul microfoanelor stereofonice, cînd se caută deplasarea centrului imaginii sonore într-o parte sau în alta. Astfel, în fig. IV. 3 se observă că tensiunea culeasă din canalul M se introduce, după ce a trecut prin elementul de reglaj al direcției în canalul S. În figură este arătată și posibilitatea de variație a bazei prin alt element de reglaj, notat cu B, care acționează asupra componentei S a microfonului stereofonic. Schema mai detaliată a celor două elemente de reglaj, pentru direcție și pentru bază, este reprezentată în fig. IV.4.

În poziția de mijloc a cursorului, ca și în cazul reprezentat în fig. IV.2, nu se obține nici un semnal din canalul M. În pozițiile extreme, tensiunea electrică la bornele cursorului

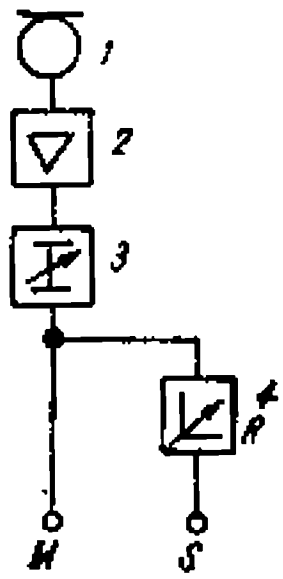


Fig. IV.1. Schema de principiu referitoare la reglajul direcției:

1—microfon; *2* — amplificator; *3* — atenuator; *4* — element pentru reglajul direcției.

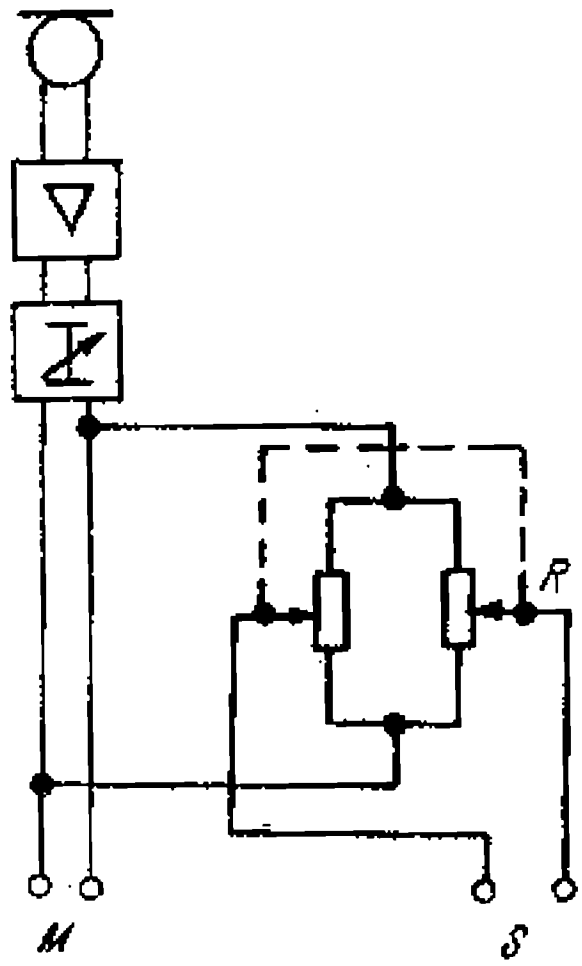


Fig. IV.2. Schema de principiu a elementului de reglaj al direcției:

R conectat în lanțul electroacustic.

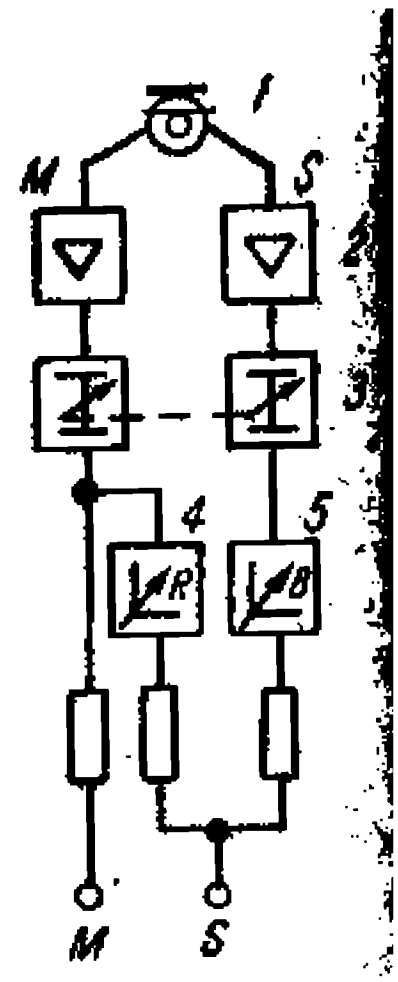


Fig. IV.3. Reglaju de direcție și al baze într-un lanț electro acustic stereofonic

1 — microfon stereofonic; *2* — amplificatoare; *3* — atenuatoare; *4* — element pentru reglajul direcției; *5* — element pentru reglaju bazei.

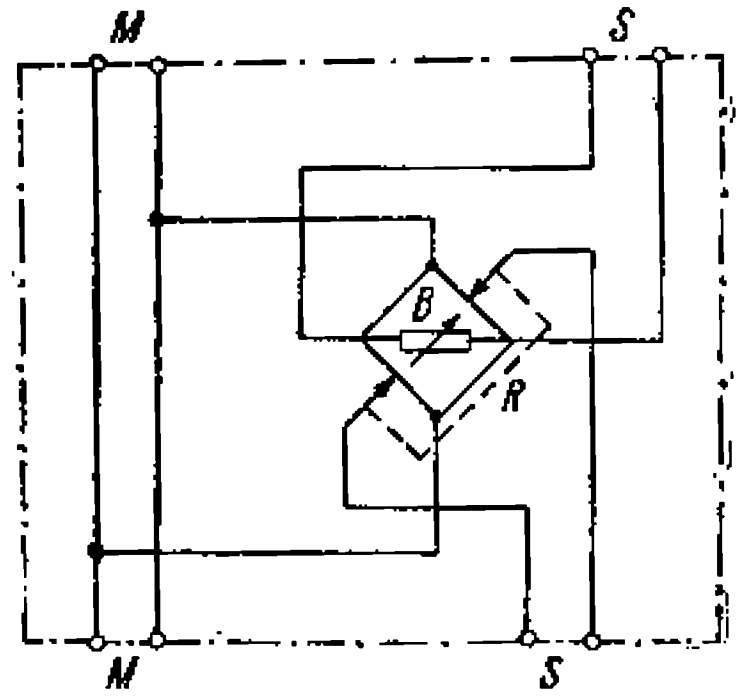


Fig. IV.4. Circuit pentru reglajul direcției și al bazei.

care reprezintă componenta S a semnalului stereofonic este egală cu zero, iar tensiunea luată din canalul M este maximă și egală cu M. În cazul folosirii unor microfoane pentru procedeele X, Y, este necesar să se transforme aceste semnale în suma $X + Y$ și în diferența $X - Y$, adică în M și S.

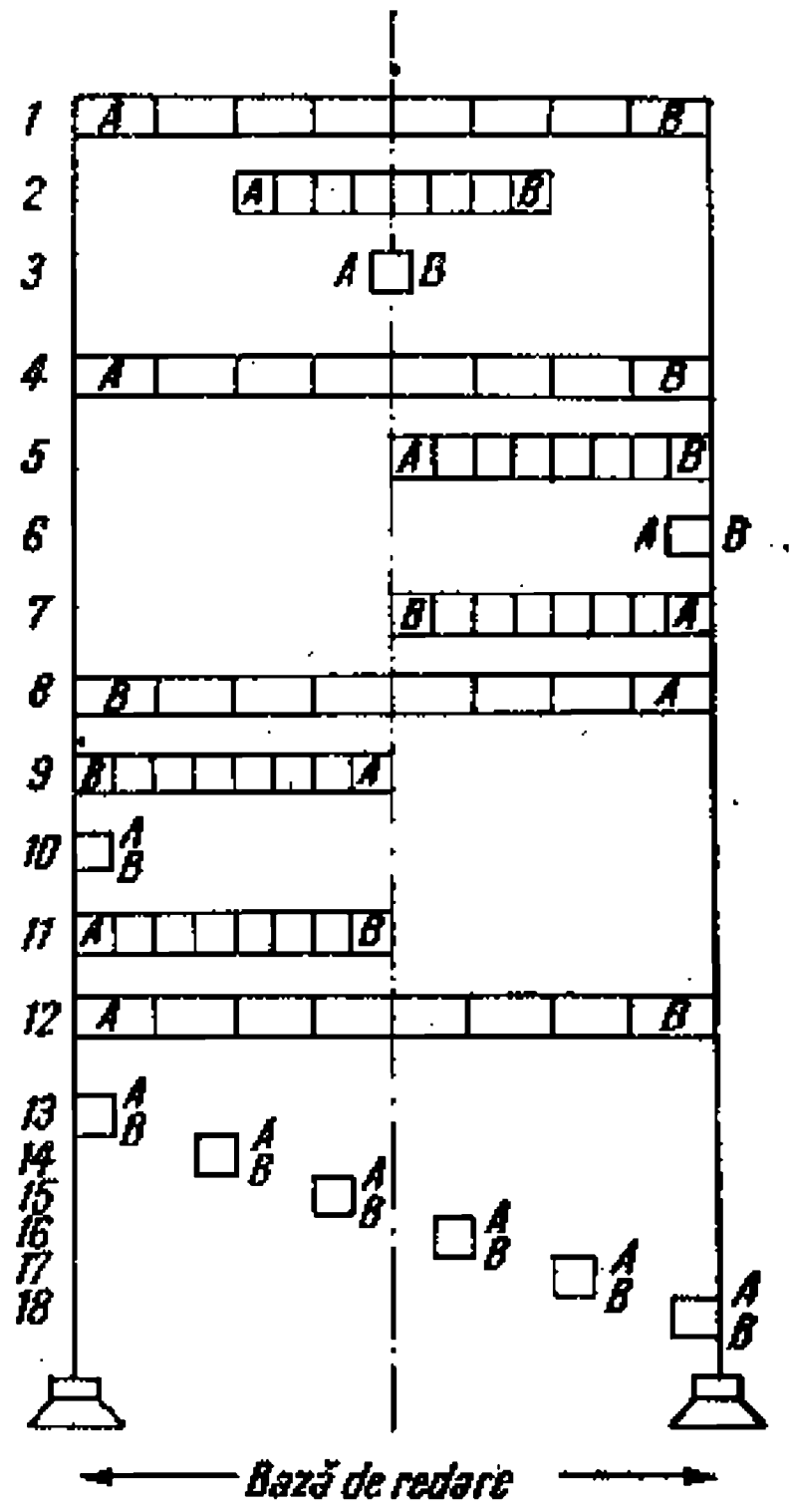


Fig. IV.5. Variația poziției imaginii sonore și a lărgimii bazei cu ajutorul elementului indicat în fig. IV.4.

Pentru obținerea unei imagini cît mai clare a felului în care lucrează elementul de reglaj al direcției, s-au reprezentat în mod grafic în fig. IV.5, posibilitățile de variație a poziției sursei de sunet fictive. Astfel, în rîndul *1* este arătată imaginea sonoră originală desfășurată pe întreaga întindere a bazei. Rîndurile *2* și *3* redau modul de comprimare a imaginii sonore prin acționarea elementului B de reglaj al bazei. În rîndurile *4—12* se observă acțiunea elementului de reglaj al direcției cînd se pornește din poziția de mijloc a cursorului. Prin rotirea continuă a cursorului cu 360°, se trece printr-o poziție laterală spre dreapta a imaginii sonore (rîndurile *5—6* — cursorul la dreapta), se ajunge în cealaltă poziție de mijloc, opusă primei (rîndul *8*), urmînd apoi poziția de stînga (rîndurile *9—10*) și, în sfîrșit, poziția inițială (rîndul *12*). În continuare, în rîndurile *13—18*, se arată felul în care s-a produs mișcarea sursei de sunet fictive cînd baza a fost comprimată.

Referitor la imaginile *1—12*, este cazul să fie amintit faptul că deplasarea laterală a imaginii sonore a implicat și o comprimare a surselor de sunet fictive, deoarece aceasta nu poate depăși limitele extreme ale bazei de redare. Practic,

un astfel de element de reglaj al direcției este format de obicei dintr-un circuit în punte realizat dintr-un șir de rezistențe care reprezintă treptele unui comutator cu două cursoare care se pot roti în același sens fără oprire. Dimensionarea circuitului în punte se face de obicei în așa fel încît să asigure un unghi de localizare a sursei sonore fictive egal cu $\pm 26°30'$, corespunzînd unei baze de redare egală cu distanța pînă la ascultător. S-a arătat că organul auditiv poate localiza o sursă de sunet la redare cu o precizie de maximum 3°, corespunzătoare unei diferențe de timp $\tau = 0{,}0$ ms. Pornind de la această constatare experimentală, se poate dimensiona numărul de trepte ale comutatorului $\frac{22°30'}{3°}$. Rezultă un număr de aproximativ 8 trepte. În total pentru întreaga punte, vor rezulta 32 trepte. Modul acesta de dimensionare prezintă o serie de avantaje, deoarece unghiul de ascultare, respectiv baza, pot fi dirijate din punctul de vedere al captării surselor sonore, în rapoartele 1/2, 1/4, 1/8, în așa fel încît pot fi reglate porțiuni mici ale bazei cu elemente de reglaj al direcției independente, fără a permite apariția unor goluri sau a unor suprapuneri a surselor de sunet fictive.

S-a arătat mai sus că la diagonala orizontală a punții se conectează elementul de reglaj al lărgimii bazei, notată cu *B*. Acesta este astfel dimensionat încît să se respecte condiția ca îngustarea bazei să corespundă cu o micșorare a unghiului de ascultare cu 3° pentru fiecare treaptă.

Felul în care se poate realiza practic un astfel de element de reglaj al direcției este indicat în fig. IV.6. Se observă că ieșirile celor două microfoane se pot conecta pe intrările *I* și *II*. Intrarea a *III* permite conectarea unui microfon monofonic. În cazul unor captări stereofonice cu o bază mai mare, se poate introduce acest microfon suplimentar de mijloc, reglajul direcției făcîndu-se pentru întreaga grupă de microfoane. În ceea ce privește modul în care se pot varia nivelul și faza prin intermediul unui astfel de dispozitiv, aceasta este indicat în fig. IV.7. Caracteristicile tehnice pe care le are un astfel de element de reglaj al direcției sînt de obicei următoarele:

— caracteristica de frecvență cuprinsă între 30 Hz și 15 kHz, cu abateri de $\pm 0{,}5$ dB față de valoarea de la 1 000 Hz; atenuarea pe care o introduce în lanț, 34 dB ± 2 dB; tensiunea maximă de intrare, 10 V; atenuarea de diafonie mai bună decît 50 dB.

Adeseori, în instalaţiile electroacustice stereofonice sînt prevăzute în afara elementelor de reglaj al direcţiei, similare cu cele descrise mai sus, alte elemente, destinate de asemenea reglajului direcţiei, dar care, spre deosebire

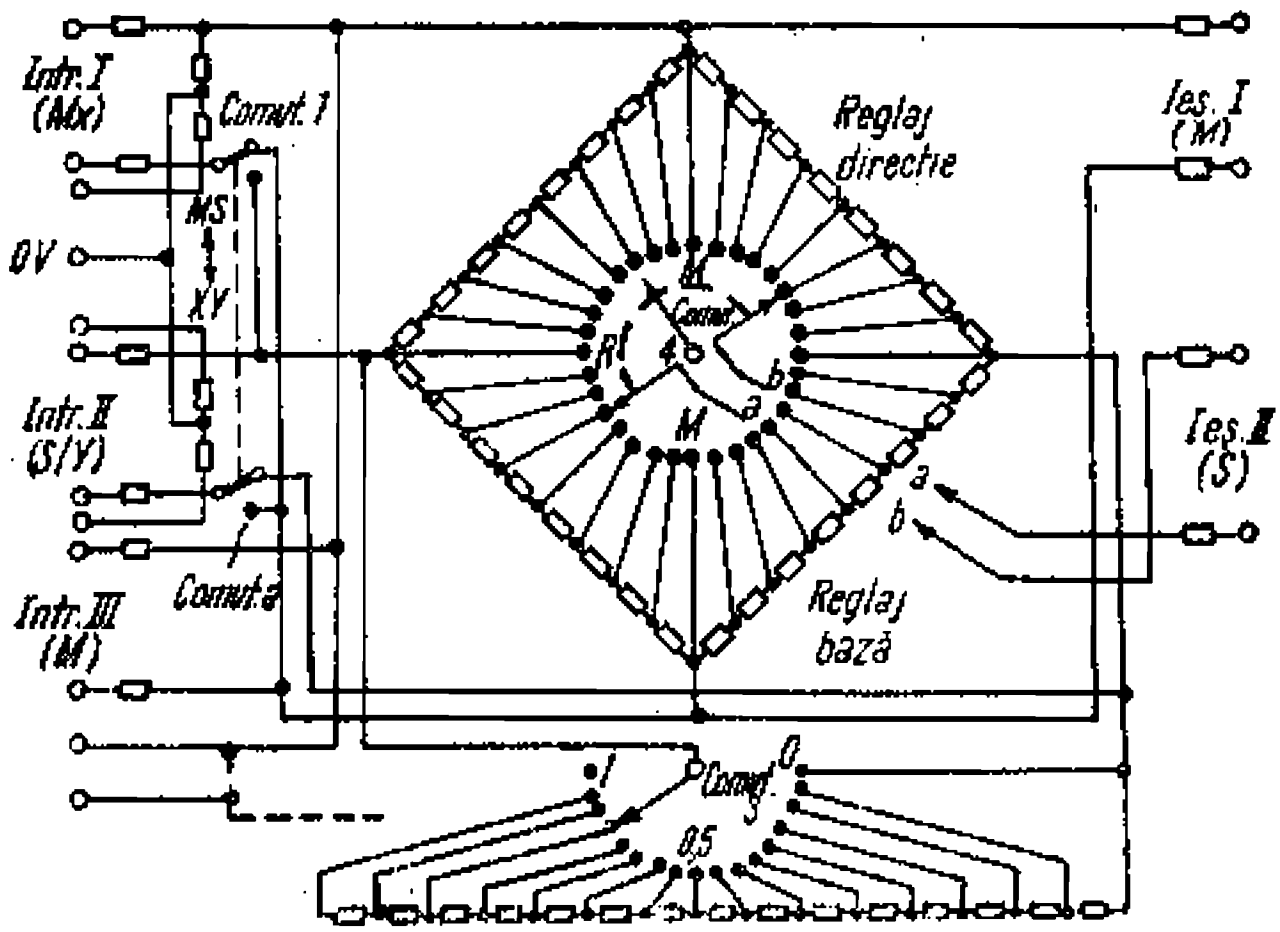


Fig. IV.6. Schema de detaliu a unui dispozitiv pentru reglajul direcţiei şi al bazei.

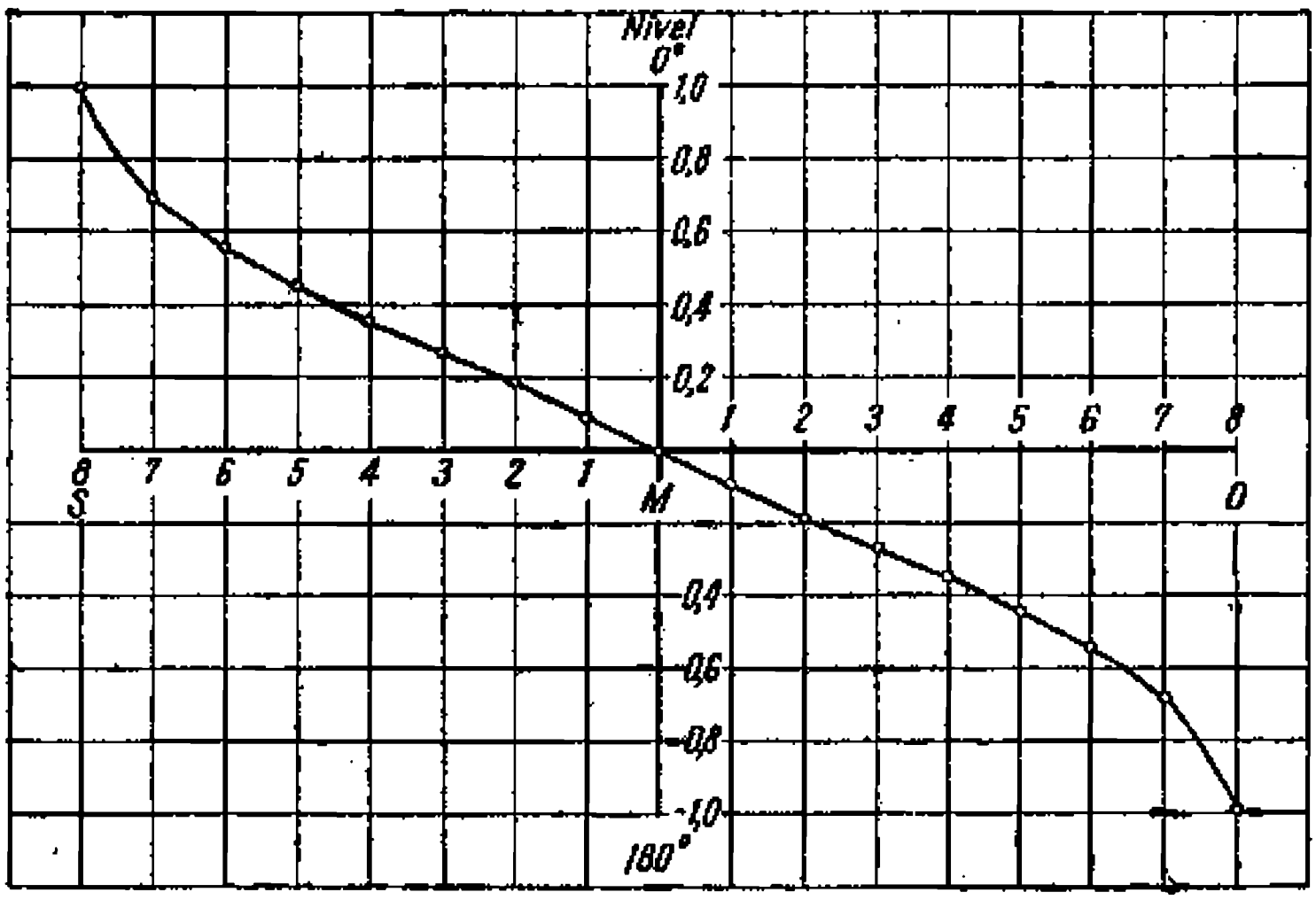


Fig. IV.7. Variaţia nivelului şi a fazei cu ajutorul dispozitivului din fig. IV.6.

de primele, se introduc pe căile monofonice. În fig. IV.8 este reprezentată schema de principiu a unui astfel de element, denumit uzual, element de reglaj pentru panoramare. Ele și-au dovedit necesitatea datorită faptului că de cele mai multe ori în captarea de sunet se folosesc nu numai microfoane stereofonice, ci și microfoane monofonice ajutătoare. Acestea din urmă trebuie să fie reglate din punctul de vedere al direcției cu cele stereofonice. Dar acesta nu este singurul motiv care a determinat introducerea lor în instalațiile pentru înregistrarea stereofonică a sunetului. În tehnica înregistrării stereofonice pe trei canale, se obișnuiește uneori să se înregistreze fiecare canal separat, obținîndu-se la redare o imagine sonoră cît mai apropiată de realitate. În aceste cazuri, și în special pentru surse punctiforme, elementele de panoramare își dovedesc eficacitatea. Cum totuși ele sînt mijloace pseudostereofonice, utilizarea lor este limitată. Într-adevăr, în cazul înregistrării unor surse sonore distribuite uniform pe un anumit spațiu, elementul de panoramare dă rezultate mai puțin bune. Aceste elemente sînt întrebuințate cu succes la înregistrarea unor surse de sunet punctiforme, care urmează să fie deplasate în mod artificial.

În fig. IV. 8 se poate observa modul de variație a nivelului de ieșire pe cele trei canale în funcție de poziția celor două cursoare cuplate. Se observă că dispozitivul este format din elemente de atenuare în H și cuprinde două părți distincte: una, care permite aducerea imaginii sonore într-o poziție laterală, „dreapta" sau „stînga", iar alta, care permite aducerea acestei imagini la mijloc.

Prin mișcarea cursorului — pornind de exemplu de la „stînga", unde nivelul este maxim — se reduce treptat nivelul acestui canal, crescînd în schimb nivelul canalului din mijloc, astfel încît în poziția „mijloc" nivelul la ieșirea acestui canal este maxim, iar pe celelalte două, practic inexistent. Mișcînd în continuare cursorul, scade nivelul pe canalul „mijloc" și crește pe cel din „dreapta", în așa fel încît în poziția „dreapta" nivelul este maxim pe canalul respectiv.

După cum s-a arătat, în instalațiile electroacustice stereofonice există posibilitatea efectuării atît a reglajului de direcție, cît și a reglajului de intensitate. Pînă acum s-a descris modul în care este posibilă reglarea direcției. Reglajul intensității se face cu ajutorul unor elemente de atenuare

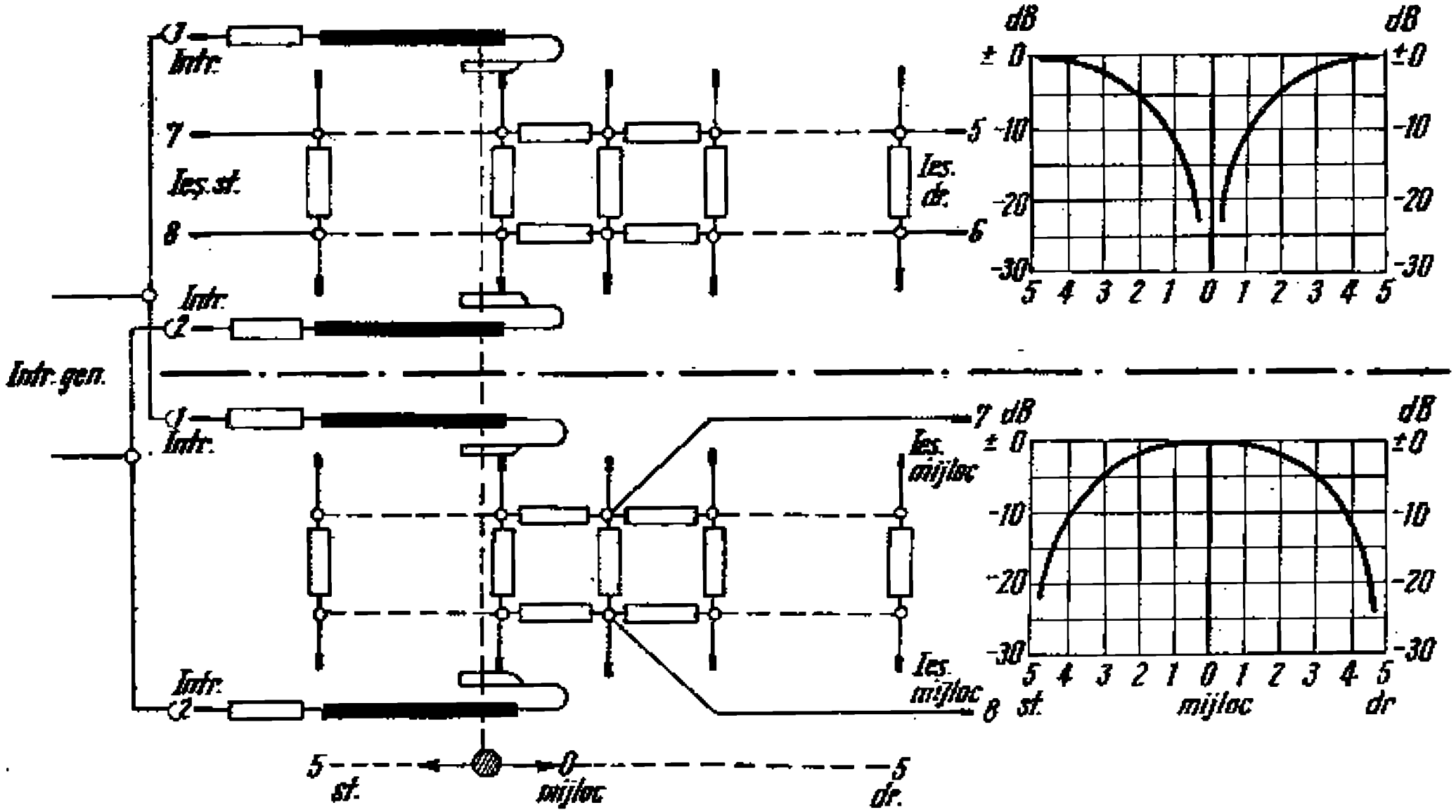


Fig. IV.8. Dispozitiv pentru panoramarea sunetului.

asemănătoare cu cele folosite în instalațiile monofonice. În unele instalații electroacustice stereofonice se utilizează atenuatoare obișnuite, cuplate cîte două mecanic. Este necesar ca cele două atenuatoare să prezinte caracteristici asemănătoare ale atenuării în funcție de poziția cursorului, pentru a îndepărta chiar cele mai mici diferențe care ar permite apariția unor erori în localizarea surselor de sunet fictive. În alte instalații stereofonice sînt folosite atenuatoare de construcție specială care fac posibilă reglarea simultană și continuă a nivelului cu ajutorul unui singur cursor. Fiecare dintre cele două sisteme de atenuatoare prezintă avantaje și dezavantaje. Astfel, sistemul de atenuatoare cuplate mecanic oferă posibilitatea transformării canalelor stereofonice într-un număr dublu de canale monofonice. Celălalt sistem cu atenuatoare de construcție specială, prezintă unele avantaje în exploatarea și întreținerea instalațiilor, însă nu permite — în cazul unor înregistrări monofonice — transformarea canalelor stereofonice într-un număr sporit de canale monofonice. Din punct de vedere constructiv, atenuatorul folosit la instalațiile stereofonice poate fi sau cu rezistențe, sau cu piste de cărbune. În ambele cazuri el trebuie să asigure o atenuare identică pe ambele canale. În cele ce urmează sînt date caracteristicile tehnice pentru un atenuator cu pistă de cărbune destinat instalațiilor stereofonice. Astfel, atenuarea introdusă în poziția zero pe fiecare dintre cele două canale este mai mică sau cel mult egală cu 0,5 dB. Toleranța în gama cuprinsă între 0 și 10 dB este de ± 1 dB, în gama 10 pînă la 30 dB este ± 2 dB, în gama 30 pînă la 90 dB este de ± 5 dB. Valorile de mai sus sînt valabile pentru frecvențe cuprinse între 20 și 15 000 Hz și pentru o rezistență de sarcină de 500 Ω. În poziția închis, în gama 20—15 000 Hz, atenuarea este mai mare sau cel puțin egală cu 100 dB.

Un alt element din lanțul electroacustic specific instalațiilor stereofonice este transformatorul pentru însumarea și scăderea semnalelor stereofonice. Acest transformator are înfășurările secundare conectate astfel încît permite însumarea și diferențierea tensiunilor aplicate la intrare. În felul acesta, dacă la intrare se aplică de exemplu semnalele X și Y, se vor obține la ieșire semnalele sumă și diferență $X+Y$ și $X-Y$, respectiv M și S.

În cele de mai sus au fost prezentate elementele folosite în mod curent pentru reglajul de intensitate și de direcție

în tehnica înregistrării stereofonice. Este totuşi necesar de arătat că acestea nu sînt singurele elemente care caracterizează lanţul electroacustic al unor astfel de instalaţii. Pentru a avea o vedere de ansamblu, este necesar să se mai amintească :

— elementele care se conectează la intrarea într-un lanţ electroacustic, cum ar fi microfoanele stereofonice, agregatele de redat discuri stereofonice, agregatele de magnetofon stereofonice;

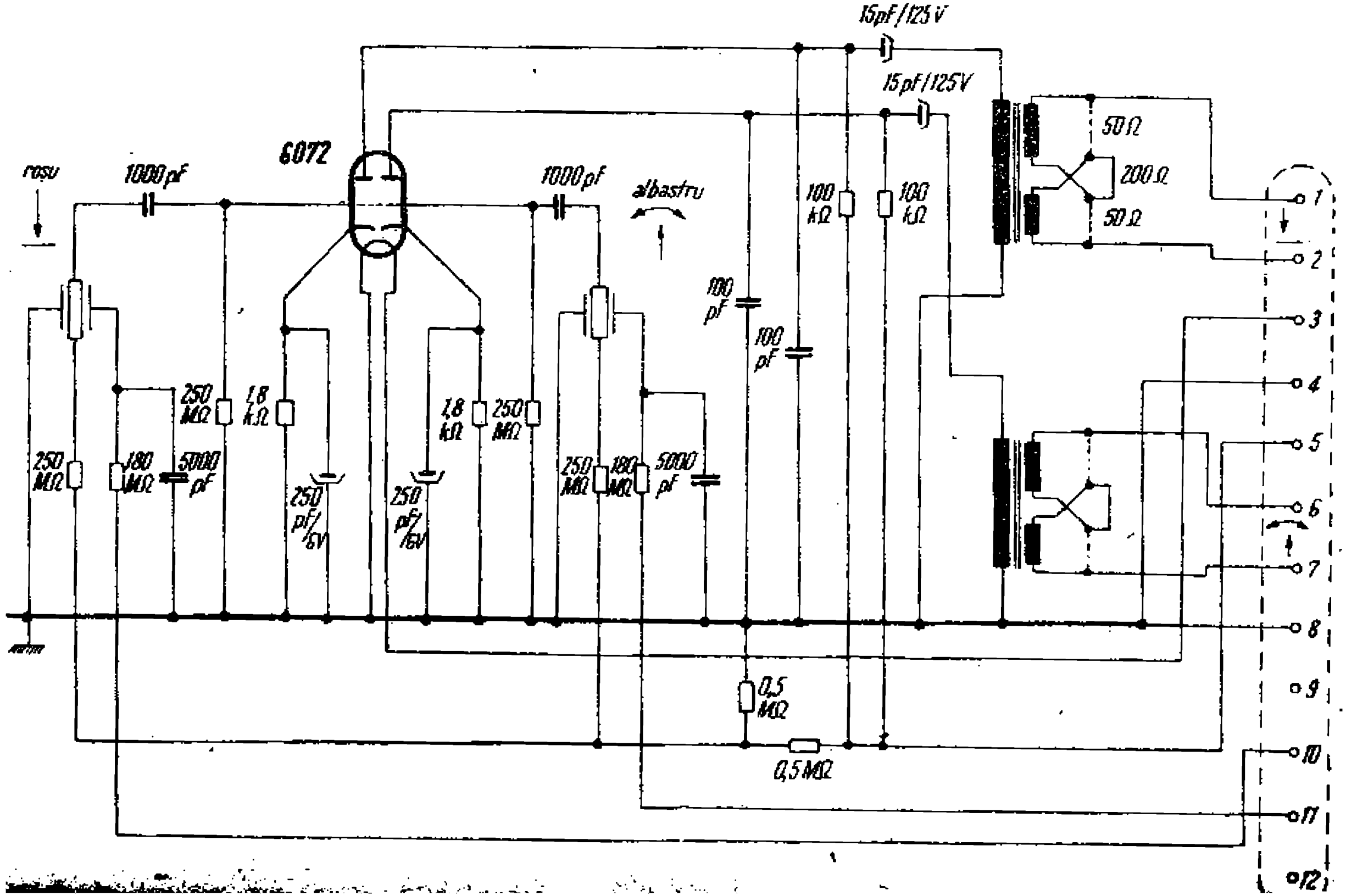
— instalaţiile pentru reverberarea sunetului.

Dintre elementele indicate, agregatele de redat discuri şi cele de magnetofon au fost descrise în capitolele anterioare. În cele ce urmează, vor fi prezentate cîteva tipuri de microfoane stereofonice, indicîndu-le şi caracteristicile lor tehnice. După cum s-a mai arătat în cazul stereofoniei de intensitate, sînt utilizate microfoane duble. Aceste microfoane sînt asemănătoare cu cele monofonice, cu deosebirea că sînt prevăzute cu cîte două transductoare. De remarcat că cele două transductoare se pot roti continuu unul faţă de celălalt, astfel încît să poată fi folosite pentru diferite distanţe faţă de bază şi pentru diferite lărgimi ale bazei. Un asemenea microfon este şi cel de tip condensator, a cărui schemă de amplificator este indicată în fig. IV.9.

Microfonul condensator stereofonic din figură se întrebuinţează pentru înregistrări de calitate în studiourile radiodifuziunilor şi caselor de discuri şi se poate folosi în cazul stereofoniei de intensitate, deoarece are cele două transductoare suprapuse. Transductorul superior poate fi rotit faţă de cel inferior continuu de la 0 la 180°. În plus, este posibilă schimbarea caracteristicilor de directivitate ale celor două microfoane, permiţînd trecerea de la caracteristica de directivitate omnidirecţională la cea în formă de cardioidă sau opt.

Microfonul lucrează în banda 30 — 20 000 Hz, avînd un raport al semnalelor faţă — spate de circa 20 dB (pentru caracteristica de directivitate cardioidă), o sensibilitate de 1 mV/μbar, putînd fi conectat pe impedanţele de 50 şi 200 Ω.

În afară de microfoanele condensator stereofonice, s-au fabricat şi microfoane dinamice stereofonice, cum este microfonul AKG. Gama de frecvenţe transmisă este cuprinsă între 80 şi 15 000 Hz, sensibilitatea pentru fiecare sistem de 0,18 mV/μbar, iar impedanţa internă este de 200 Ω.


15pF/125 V
15 pf/125V
6072
rosu
albastru
1000pf
1000pf
100 pF
100 pF
100 kΩ
100 kΩ
50 Ω
200 Ω
50 Ω
250 MΩ
1,8 kΩ
1,8 kΩ
250 MΩ
250 MΩ
180 MΩ
5000 pF
250 pF/6V
250 pF/6V
250 MΩ
180 MΩ
5000 pF
0,5 MΩ
0,5 MΩ
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

Caracteristica de directivitate pentru înregistrări stereofonice este de dublă cardioidă, raportul semnalelor din față și spate este de circa 15 dB.

Reverberația sunetului este folosită de mult timp pentru obținerea unor iluzii acustice de spațialitate. La înregistrările pieselor de teatru, sau la înregistrările de muzică, se utilizează diverse procedee care permit reverberarea sunetului înregistrat. Uneori chiar la transmiterea anumitor programe muzicale dintr-o sală cu absorbție de sunet mare se utilizează procedeul reverberării artificiale a sunetului.

Această reverberare artificială poate fi obținută prin folosirea mai multor metode:

— reverberație împrumutată;

— reverberație autogenerată.

În cele ce urmează vor fi descrise o serie de dispozitive bazate pe principiul reverberației împrumutate.

Camera de reverberație. Este posibilă obținerea unui timp de reverberație mare prin folosirea unei camere cu pereți foarte reflectanți. Totuși, în instalațiile moderne se folosesc rar aceste camere, deoarece, pe de o parte, construcția lor este destul de costisitoare, iar pe de altă parte, odată construite, nu permit modificarea duratei de reverberație decît prin executarea unor schimbări constructive, care necesită cheltuieli mari. Dacă nu se fac aceste modificări, reglajul s-ar putea obține numai prin varierea raportului între sunetul reverberat și cel direct. În plus, prin acest procedeu, sunetul reverberat poate fi deformat ca urmare a proprietăților acustice ale camerei de reverberație în funcție de frecvență, frecvențele proprii ale încăperii etc.

Procedeul plăcii de reverberație. În principiu acest procedeu se bazează pe excitarea cu ajutorul unui sistem asemănător cu un difuzor al unei plăci din oțel cu suprafața de 2 m^2 și grosimea de 0,5 mm. Oscilațiile plăcii sînt captate prin intermediul unui transductor piezoelectric. Prin reglarea gradului de amortizare a acestei plăci, respectiv prin mărirea sau micșorarea timpului de amortizare a oscilațiilor plăcii, se reglează durata de reverberație obținută artificial. Acest lucru este realizat cu ajutorul unei pături din material absorbant poros care se poate apropia sau depărta de suprafața tablei de oțel.

În tehnica înregistrărilor, redărilor sau transmisiunilor stereofonice se întrebuinţează toate metodele expuse mai sus. Problema reverberaţiei artificiale în instalaţiile stereofonice constituie una dintre problemele cele mai complicate. Instalaţiile de reverberaţie pot fi conectate pe fiecare canal în parte. Un asemenea procedeu presupune, pe de o parte, folosirea unui aparataj complex şi, pe de altă parte, imaginea sonoră astfel obţinută nu corespunde întocmai senzaţiei auditive dintr-o încăpere reverberantă.

Alteori se foloseşte un microfon monofonic; informaţia sonoră, captată de acesta este reverberată şi apoi amestecată cu sunetul direct redat de cele două canale stereofonice. Acest procedeu, deşi creează o impresie auditivă mai plăcută, totuşi afectează imaginea sonoră.

În ultimul timp s-a utilizat, cu rezultate destul de bune, reverberarea semnalului sonor M prin intermediul camerei de ecou sau al plăcii de reverberaţie, captarea sunetului reverberat făcîndu-se cu ajutorul a două microfoane (fig. IV.10).

S-a ajuns la această soluţie bazîndu-se pe constatările următoare: dacă există într-o încăpere o sursă de sunet şi un ascultător, acesta din urmă va percepe atît sunetul direct, cît şi sunetul reflectat de pereţi. Pe cînd sunetul direct poate fi localizat, cel indirect, format din reflecţiile undelor sonore care sosesc la urechile ascultătorului din mai multe direcţii, este greu de localizat.

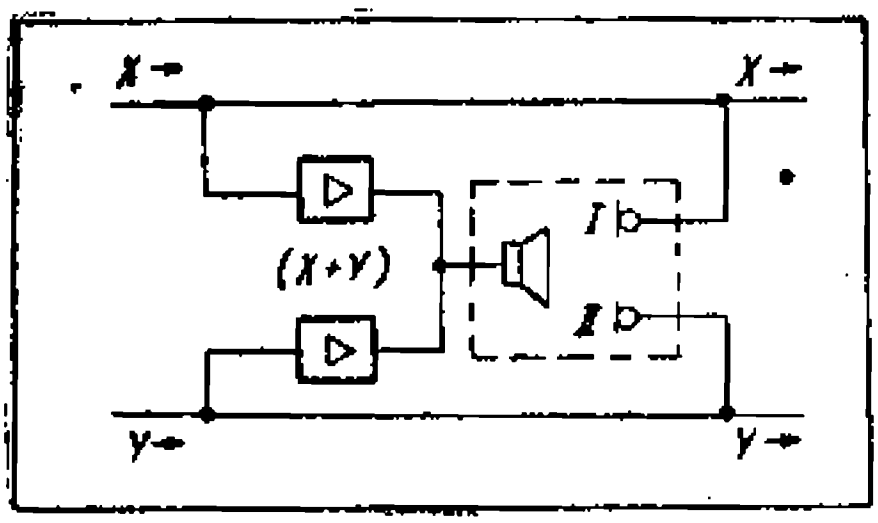


Fig. IV.10. Schema de principiu pentru reverberarea sunetului în tehnica stereofonică.

Astfel, în instalaţiile electroacustice stereofonice, se introduce o informaţie completă ca conţinut $M = X + Y$, în camera de ecou, respectiv în placa de reverberaţie. Această informaţie este reverberată şi apoi captată cu două microfoane. Pe de altă parte, trebuie remarcat că atît în camera de reverberaţie, cît şi în placă se pot găsi, în funcţie de frecvenţă, o serie de rezonanţe. În funcţie de aceste rezonanţe, microfoanele fiind plasate în locuri diferite, tensiunile produse de acestea se vor deosebi

nu numai ca amplitudine, ci și ca fază. În acest fel, vor putea exista situațiile indicate mai jos, sau altele intermediare:

Microfon			*Fază*	
I	90°	0°	90°	90°
II	0°	90°	90°	—90°
	1	2	3	4

Conform celor arătate anterior, în cazul 1 se creează impresia că frontul undei sonore sosește din dreapta, în cazul 2, din stînga, în cazul 3, din centru și în cazul 4, din părțile laterale. Pe lîngă cele patru situații arătate mai înainte, vor exista o infinitate de situații intermediare (în funcție de frecvență) și se va crea, deci, senzația sosirii sunetului din foarte multe părți, adică se reproduce situația dintr-o cameră reverberantă.

Cele două semnale astfel reverberate, sînt captate și apoi se amestecă cu semnalele directe.

Caracteristicile tehnice ale unei plăci de reverberație sînt: durata de reverberație la frecvența de 500 Hz este de 1 pînă la 4 s; caracteristicile de frecvență sînt indicate în fig. IV.11; tensiunea de intrare este 1,55 V; impedanța de intrare, 5 k Ω (intrare simetrică); tensiunea de ieșire la 400 Hz este de 1,55 V; raportul semnal-zgomot, mai mare de 60 dB.

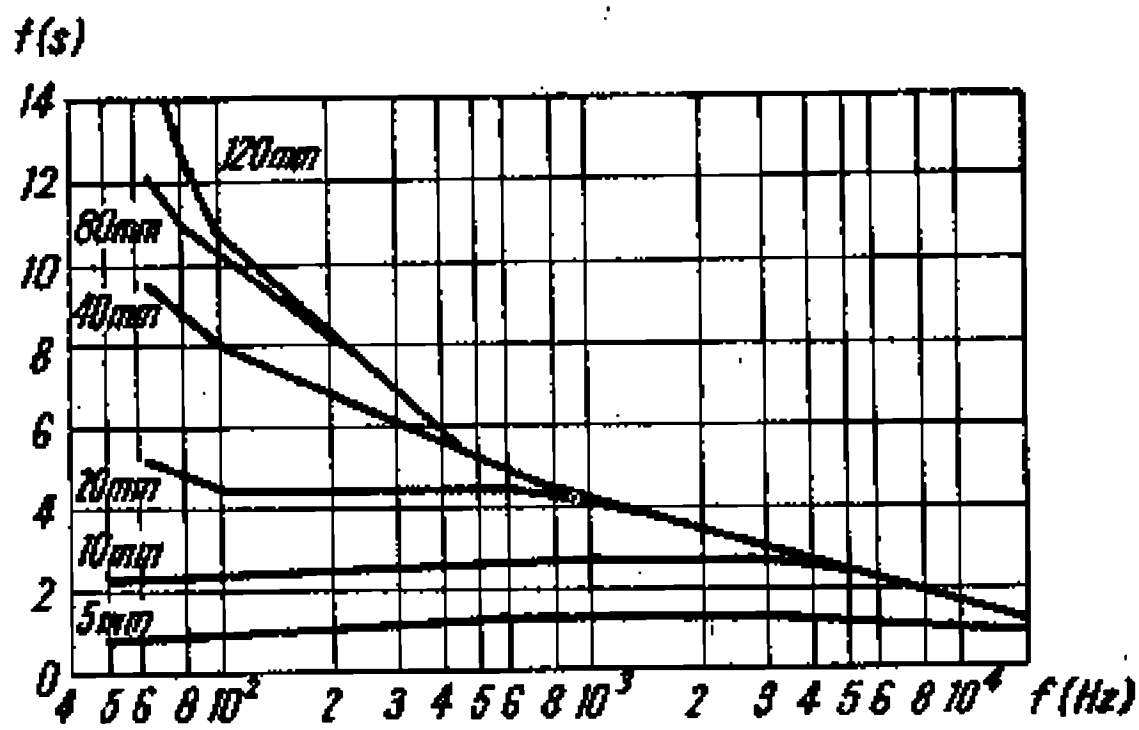
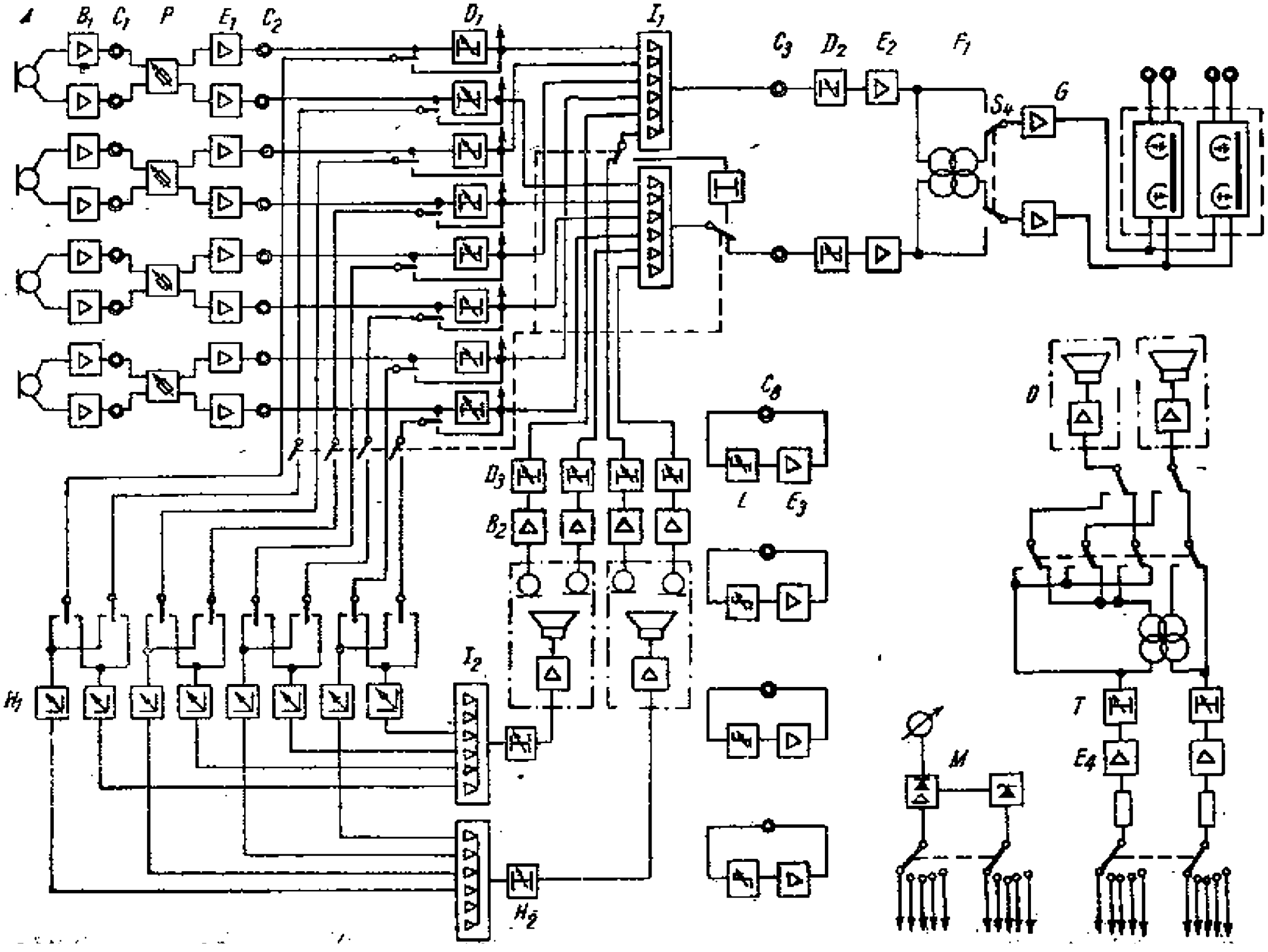


Fig. IV.11. Variația cu frecvența a duratei de reverberație la o placă de reverberație pentru diferite distanțe ale plăcii amortizoare față de placa de oțel.

Modul în care elementele descrise mai sus pot fi asamblate într-un lanț electroacustic, este arătat în fig. IV.12. După cum se observă, instalația permite conectarea simultană a patru microfoane stereofonice. În ceea ce privește elementele


A
B_1
C_1
P
E_1
C_2
D_1
I_1
C_3
D_2
E_2
F_1
S_4
G
C_8
D_3
L
E_3
B_2
I_2
H_1
H_2
D
T
M
E_4

pentru reglarea intensității, în acest caz s-a ales varianta cu atenuatoare obișnuite, cuplate mecanic cîte două. Prin urmare, cele patru canale stereofonice se pot transforma în opt canale monofonice.

Cu toate că schema permite realizarea înregistrărilor bazate pe procedeul *A*, *B*, se vor face considerații privind posibilitatea efectuării cu această instalație a înregistrărilor stereofonice după procedeele *M*, *S* și *X*, *Y*.

De la început trebuie menționată (așa cum de altfel rezultă și din figură) tendința de a se obține în cît mai multe puncte ale lanțului electroacustic niveluri de +6 dB, asigurîndu-se în felul acesta posibilitatea de a introduce în lanț, în aceste puncte, elemente corectoare, elemente pentru reverberație etc.

Microfoanele condensator stereofonice *A* sînt conectate la intrarea amplificatoarelor B_1. La ieșirea acestora sînt prevăzute bucșe care permit introducerea aparatajului pentru măsurări. Urmează apoi elementele de reglaj ale direcției și ale bazei *P*. Atenuarea introdusă de acestea este compensată de amplificatoarele E_1. Introducerea acestor elemente pe fiecare cale de microfon se justifică prin aceea că se creează o gamă mai mare de posibilități în ceea ce privește captarea sunetului și alegerea variantei procedeului de înregistrare *X*, *Y* sau *M*, *X*. După cum s-a arătat mai înainte, o simplă comutare la elementul de reglaj al direcției permite folosirea fie a procedeului *X*, *Y*, fie a procedeului *M*, *S*. În continuare, sînt conectate elementele de reglaj al intensității D_1. Cele două atenuatoare trebuie să aibă caracteristici identice. Într-adevăr, o deosebire între elementele de reglaj al intensității ar provoca o deplasare nereală a imaginii sonore. Din acest motiv, se și cuplează mecanic atenuatoarele. În cazul necuplării acestora și al manipulării nesincrone s-ar obține deplasări ale sursei de sunet fictive care nu ar corespunde cu realitatea. În vederea compensării atenuărilor din lanț au fost introduse amplificatoarele I_1 și E_2. Amplificatoarele I_1 sînt de construcție specială, permițînd conectarea la intrare a mai multor căi de microfon. Lanțul electroacustic este prevăzut cu bucșe pentru măsurări C_3 care preced atenuatoarele celor două canale stereofonice D_2. La ieșirea amplificatoarelor E_2 este conectat transformatorul diferențial F_1. Prin intermediul acestuia este posibilă obținerea sumei și diferenței semnalelor *M* și *S*. Comutatorul S_4 permite ocolirea transformatorului, astfel încît

ieşirile amplificatoarelor E_2 sînt legate direct la intrările amplificatoarelor separatoare G. Este necesar să fie menţionată posibilitatea introducerii unor corecţii în lanţul electroacustic. Astfel, elementele corectoare formate din corectoarele L şi amplificatoarele E_3 pot fi conectate în lanţul electroacustic prin legarea bucşelor C_3 cu C_2, respectiv C_3. Pentru a introduce aceeaşi corecţie pentru semnalul M şi pentru S, se vor cupla mînerele celor două corectoare. Pentru reverberarea producţiilor sonore captate, se observă că se poate lua fie nivelul înainte, fie cel obţinut după atenuatoarele D_1. Acest nivel este introdus prin intermediul atenuatoarelor H_1 şi H_2 şi al amplificatoarelor I_2 în camerele de ecou, respectiv în plăcile de reverberaţie. Nivelul de microfon al sunetului reverberat este amplificat (B_2) şi reglat (D_3), după care este introdus în aceleaşi amplificatoare I_1.

Instalaţia descrisă este prevăzută cu posibilitatea controlului obiectiv M şi al celui subiectiv E_4, T, O. De remarcat că la instalaţia de ascultare s-a introdus transformatorul pentru sumă şi diferenţă.

Fiecare punct din schemă însemnat cu săgeata poate fi controlat obiectiv sau subiectiv.

Asupra acestei scheme se pot face unele observaţii care au însă un caracter mai general, ele putînd fi luate în consideraţie şi la alte instalaţii similare. Astfel, la o instalaţie stereofonică o importanţă deosebită o prezintă diferenţa de fază. În § I.4 şi în fig. 1.11 s-au arătat consecinţele nerespectării condiţiilor de fază. Trebuie subliniat că diferenţele de fază, inevitabile uneori prin folosirea amplificatoarelor şi executarea cablajului, nu reprezintă un pericol prea mare atît timp cît sînt egale la cele două canale. Cablajul unei astfel de instalaţii trebuie să fie astfel realizat, încît conectarea conductoarelor a şi b între diferitele elemente ale lanţului electroacustic să nu producă defazări. Legea referitoare la respectarea culorilor conductoarelor electrice în lucrările de montaj capătă în acest caz o importanţă deosebită. Pentru diferenţele de fază, respectiv diferenţe de timp, valorile maxime impuse prin normele internaţionale sînt:

— Pentru o transmisie stereofonică X, Y:

în cazul semnalelor a căror frecvenţă este mai mică de 1 000 Hz, diferenţa de timp admisă este 0,2 ms;

în cazul semnalelor a căror frecvenţă este mai mare de 1 000 Hz, diferenţa de fază admisă este 90° (de exemplu pentru frecvenţe de 15 kHz, $\tau \approx 16$ μs)

— Pentru o transmisie stereofonică *MS*, diferența de fază admisă este 20°.

Un alt factor important de care trebuie să se țină seama este diafonia. Într-adevăr, cuplajele capacitive între diversele circuite permit apariția diafoniei între canale. Pentru îndepărtarea acestui inconvenient, se recomandă executarea unui cablaj cît mai îngrijit și punerea la masă în mod judicios a ecranelor cablurilor.

Pentru perturbațiile datorite diafonici, s-au stabilit următoarele valori :

— pentru o transmisie stereofonică *X*, *Y* : —20 dB;
— pentru o transmisie stereofonică *M*, *S* : —26 dB.

Nivelurile ambelor canale nu trebuie să aibă o abatere mai mare de 1 dB, iar caracteristica de frecvențe a întregului lanț să nu aibă abateri mai mari de 1,5 dB. Caracteristica de frecvență a componentei *S* poate să aibă abateri mai mari la frecvențele joase. Valorile acestor abateri în gama frecvențelor joase însă nu s-a stabilit prin norme.

Nivelul de ascultare de aproximativ 90 dB, necesar în cazul audiției stereofonice, trebuie să fie nedistorsionat. Lanțul electroacustic are un coeficient de distorsiuni armonice mai mic de 1%.

Unele norme indică o valoare minimă a raportului semnal-zgomot de 50 dB.

Trebuie să remarcăm că toate aceste condiții sînt importante nu numai pentru a se obține o distribuție cît mai corectă a surselor sonore virtuale, cît și pentru a se obține. o versiune monofonică cît mai bine realizată tehnic și artistic. În toate țările se fac experimentări pentru a stabili subiectiv care sînt valorile admisibile limită, în așa fel încît să corespundă și considerentelor economice de care se ține seama la realizarea aparaturii electroacustice.

După cum pentru radiodifuziune și pentru producția de discuri s-au prevăzut instalații speciale de tipul celei descrise mai sus, la fel și pentru filmele pe ecran lat s-au proiectat instalații care permit reproducerea stereofonică a sunetului. Filmele pe ecrane foarte late, în care acțiunea se desfășoară pe un spațiu mărit, au făcut necesară folosirea sunetului stereofonic, pentru ca imaginea sonoră să urmărească imaginea optică, conturînd-o mai bine.

Cele mai multe dintre instalațiile pentru film folosesc trei canale stereofonice, cărora le corespund în sală 3 grupuri de difuzoare. Instalațiile cu 3 canale corespund în general

filmului cinemascop. Există totuşi sisteme care folosesc şi mai multe canale, cum ar fi cinerama (8 canale), sau plastorama (4 canale).

O instalaţie cu trei canale este cea din fig. IV.13. Se observă că aceasta este prevăzută cu amplificatoare, care pot fi

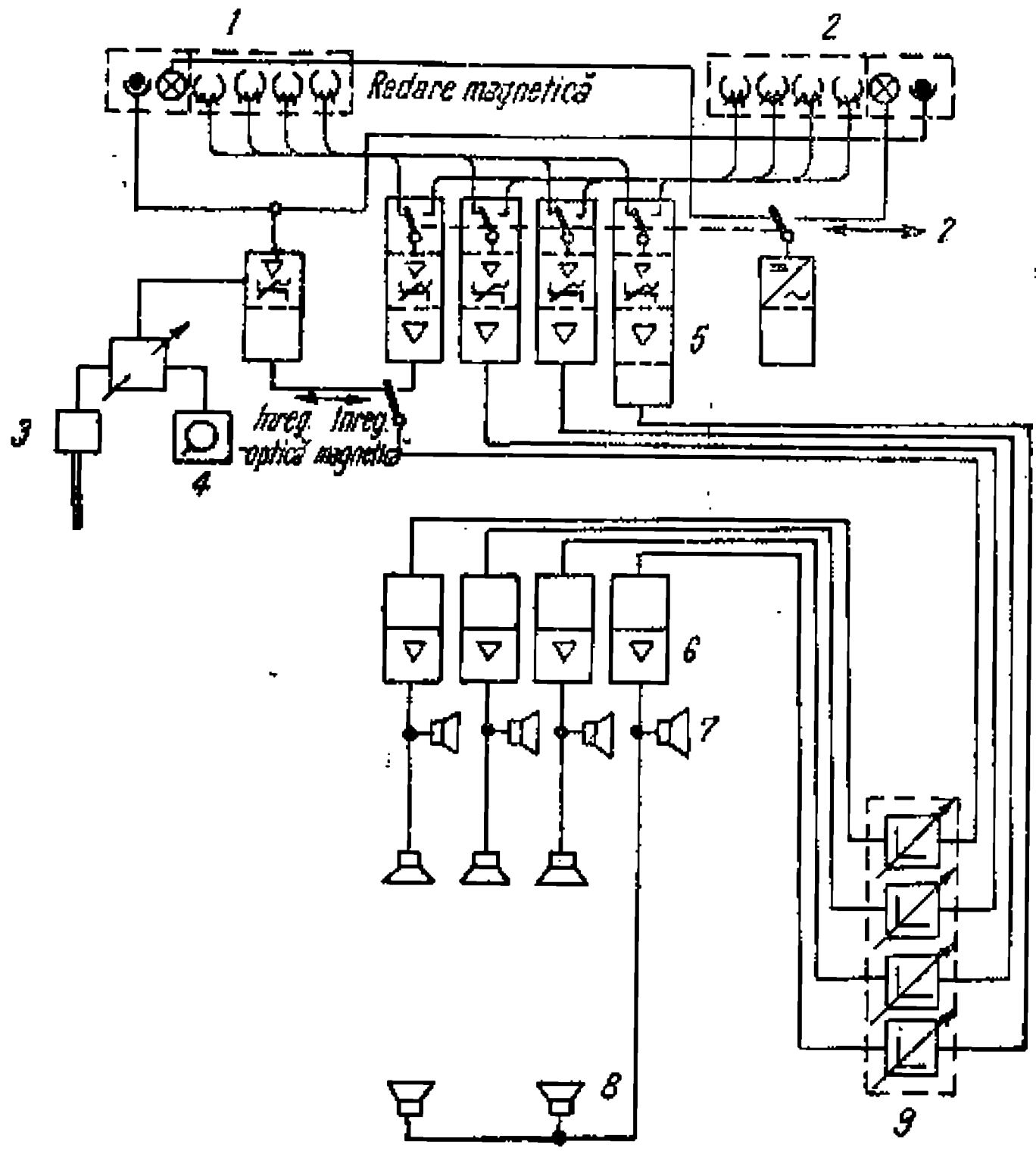


Fig. IV.13. Schema-bloc a unei instalaţii electroacustice stereofonice utilizate în cinematografie.

folosite fie pe proiectorul principal, fie pe cel de rezervă. În afară de cele 3 canale utilizate pentru localizarea surselor de sunet fictive, mai există un al patrulea, folosit pentru efecte sonore. Fiecare dintre cele patru canale dispune de corectoare, precum şi de atenuatoare, care permit reglarea nivelului în sală. Canalul pentru efecte poate fi acţionat prin intermediul unui semnal pilot de o anumită frecvenţă. Înainte de a începe sunetul de efect, cum ar fi zgomotele

produse de furtună, de avion, etc. este înregistrat acest semnal care acționează canalul de efecte.

Ca performanțe tehnice pentru o asemenea instalație se pot enumera următoarele: nivelul de zgomot, 56 dB; distorsiuni neliniare, 0,8%; caracteristica de frecvențe cuprinsă între 30 și 10 000 Hz, cu o abatere ± 2 dB față de nivelul de la 1 000 Hz.

În afara schemelor descrise mai sus, există încă multe altele, asemănătoare ca principiu, deosebite însă ca detalii (cum ar fi numărul de căi, elemente de corecție, felul în care se face reverberația sunetului, controlul obiectiv și subiectiv al programelor transmise etc.).

Este necesar să se menționeze că și în țara noastră există realizări importante în domeniul stereofoniei. Una dintre aceste realizări o constituie instalațiile electroacustice de la Sala Palatului R.P.R. Instalația asigură următoarele funcțiuni:

— sonorizarea stereofonică a sălii cu ajutorul a 4 sau 6 canale;

— captarea, înregistrarea și reproducerea pe două canale stereofonice a diferitelor producții muzicale sau vorbite;

— asigurarea condițiilor optime de audiție prin introducerea stereoreverberației;

— asigurarea unei amplificări uniform distribuite în toată sala.

Sonorizarea stereofonică cu patru canale este posibilă prin folosirea a patru pîlnii multicelulare destinate reproducerii semnalelor de frecvență înaltă și a 4 grupuri de difuzoare destinate reproducerii semnalelor de frecvență joasă. Pîlniile multicelulare sînt suspendate de plafon, amplasate la distanțe egale și orientate în așa fel încît să asigure o distribuție uniformă a nivelului de intensitate sonoră pe cea mai mare parte a suprafeței sălii. Cele patru grupuri de difuzoare corespund ca poziție pîlniilor multicelulare. La reproducerea stereofonică cu șase canale, se folosesc, în afara pîlniilor multicelulare, și a grupurilor de difuzoare, două canale cu difuzoare, situate în părțile laterale ale scenei.

Captarea și înregistrarea diferitelor programe pot fi efectuate folosind unul dintre procedeele cunoscute: A, B; X, Y; M, S.

Instalația electroacustică destinată acestor înregistrări este asemănătoare ca principiu cu cele descrise în paragrafele

precedente, ea permițînd reglajul direcțional al surselor sonore, reglajul bazei de înregistrare, transformarea semnalelor M, S în X, Y. Această instalație oferă posibilitatea conectării unor microfoane monofonice auxiliare, care se pot distribui pe cele două canale stereofonice.

Programul captat poate fi înregistrat pe magnetofoane stereofonice cu două piste, situate în încăperea de regie tehnică. Pentru reproducerea stereofonică pe două canale în sală se utilizează cele două coloane. Difuzoarele care formează aceste coloane sînt orientate în mod diferit, astfel încît se creează o caracteristică de directivitate globală, care asigură o audiție stereofonică pe cea mai mare parte din suprafața sălii.

Stereoreverberația poate fi obținută prin conectarea la un dispozitiv de întîrziere a unor grupuri de difuzoare montate în plafonul și pe pereții sălii. Pentru reverberarea semnalelor sonore captate, se folosesc fie o cameră de reverberație, fie plăci de reverberație, fie dispozitive de reverberație bazate pe principiul înregistrării magnetice.

Instalația electroacustică a Sălii Palatului R. P. R. asigură de asemenea o reproducere de calitate a programelor vorbite (conferințe, teatru etc.). O astfel de reproducere este posibilă prin folosirea unei instalații bazate pe principiul amplificării uniform distribuite, care s-a realizat prin montarea în spătarul fiecărui scaun din sală a unui difuzor de putere mică.

Sala Palatului R.P.R. a fost proiectată și ca sală de cinematograf. Instalația de cinematograf este prevăzută cu proiectoare pentru film normal și pentru film de 70 mm lățime. Proiecțiile cinematografice ce pot fi făcute în această sală sînt de tipul Todd-AO, sau cinemascop. Instalația pentru reproducerea sunetului înregistrat pe film dispune de un canal destinat efectelor sonore. Canalul de efecte este conectat la grupuri de difuzoare montate în plafonul sălii.

Tehnica de înregistrare și redare stereofonică se extinde din ce în ce mai mult în țara noastră. Astfel, în momentul de față există săli de cinematograf cu sunet stereofonic destinat proiecțiilor pe ecran panoramic, se creează premize înregistrării discurilor stereofonice și radiodifuzării stereofonice a programelor.

2. Dispozitive de ascultare

Dispozitivul de ascultare este elementul final al lanțului electroacustic și este format dintr-o incintă acustică convenabilă ca formă și dimensiuni în care sînt montate unul sau mai multe difuzoare, un amplificator de putere prevăzut cu elemente corectoare, și dacă este necesar, și filtre divizoare.

Aceste dispozitive, avînd elemente care permit corecția caracteristicii de frecvență, schimbarea fazei cu 180°, o distribuire corectă a difuzoarelor pentru redarea frecvențelor înalte și joase etc., se pot realiza în foarte multe variante. Realizarea unor dispozitive de ascultare de calitate este legată de perfecționările apărute în domeniul construcțiilor de piese radio și tuburi electronice. Astfel, se poate semnala apariția tuburilor de putere duble, special concepute pentru amplificatoarele stereofonice. Acestea sînt SDY7 și ELL 50, care pot fi montate fie ca amplificatoare obișnuite, fie ca etaje în contratimp.

În ultima vreme, au început să se utilizeze montaje care folosesc două tuburi montate asemănător etajelor în contratimp, cu deosebirea că în circuitele de grilă se aplică semnalele dreapta-stînga rezultate dintr-o înregistrare stereofonică. În circuitele de ieșire, prin însumări convenabile, se reproduc semnalele dreapta-stînga separat.

În principiu, montajele de amplificare stereofonice sînt dispozitive care reproduc semnale în toată gama de frecvențe audibile ca și montajele de amplificare monofonice, deosebindu-se de acestea doar prin caracterul dublu al montajelor.

a. *Amplificatoare de putere stereofonice*

Pentru asigurarea unei reproduceri de înaltă calitate a diferitelor programe stereofonice (de pe discuri sau bandă de magnetofon), este necesar ca amplificatorul de joasă frecvență să aibă următoarele caracteristici:

— banda de frecvență transmisă, 25—100 000 Hz;
— distorsiuni neliniare, mai mici de 0,5%;
— distorsiuni de intermodulație, mai mici de 2%;
— raport semnal-zgomot, mai bun de —60 dB;
— condițiile de fază și nivel au fost specificate în § 1 a, cap. IV.

În ultima vreme, studiile s-au axat pe realizarea de montaje ieftine care comportă minimum de tuburi electronice. Se vor menționa cîteva dintre ele. Montajul din fig. IV.14 este un amplificator cu un singur etaj în contratimp și două canale stereofonice independente. Puterea de ieșire totală este echivalentă cu aceea a unui amplificator cu un singur etaj în contratimp, iar atenuarea de diafonie între cele două canale este mai mare de 25 dB, ceea ce este suficient în cazul înregistrărilor stereofonice pe două canale. Etajul de ieșire poate lucra în clasă A sau AB.

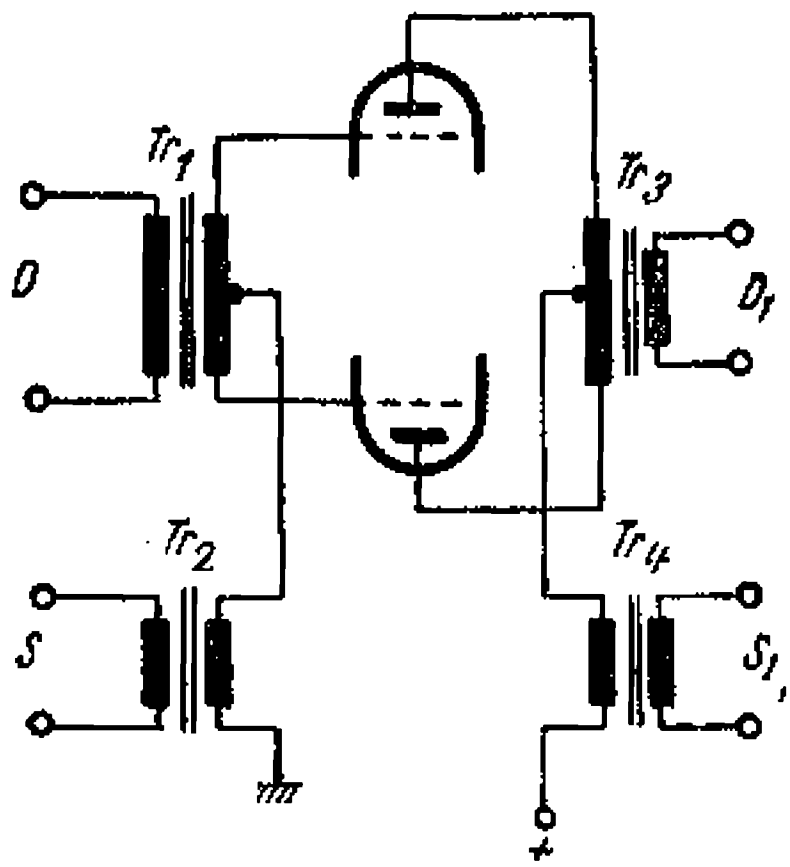


Fig. IV.14. Schema electrică de principiu a unui amplificator de putere folosind un etaj în contratimp.

Se observă că aplicînd un semnal înfășurării D a transformatorului Tr_1 corespunzătoare canalului dreapta, acesta ajunge pe cele două grile ale tuburilor finale în opoziție de fază. La o funcționare normală a etajelor în contratimp, se obține acest semnal amplificat în secundarul transformatorului Tr_3. Semnalul aplicat în înfășurării S a transformatorului Tr_2 nu permite obținerea unei tensiuni în secundarul transformatorului Tr_3, deoarece curenții din anod sînt în opoziție de fază. În acest caz, tensiunea destinată canalului stînga este culeasă pe secundarul transformatorului Tr_4. În practică, acest montaj nu dă deplină satisfacție, deoarece cele două canale nu sînt identice din punctul de vedere al amplificării. O altă metodă este aceea care se bazează pe principiul însumării semnalelor. Legăturile din montajul descris se pot urmări în fig. IV.15.

Cu acest montaj se pot reda discurile înregistrate după procedeul 45°—45°, doza de reproducere fiind de tipul 0°—90°. Acest lucru e posibil, deorece între punctele A și C ale etajului de ieșire se obține tensiunea

$$E_1 = U_1 + U_2,$$

iar între punctele B și C tensiunea

$$E_2 = U_1 - U_2.$$

După cum s-a mai arătat, o înregistrare pe disc după procedeul 45°—45° implică o deviere a șanțului pe orizontală și verticală, semnalul $U_1 = S + D$ fiind înregistrat orizontal, iar semnalul $U_2 = S - D$ fiind înregistrat vertical.

Ținînd seama de acest lucru, la ieșire se obține $E_1 = 2\,S$ și $E_2 = -2\,D$.

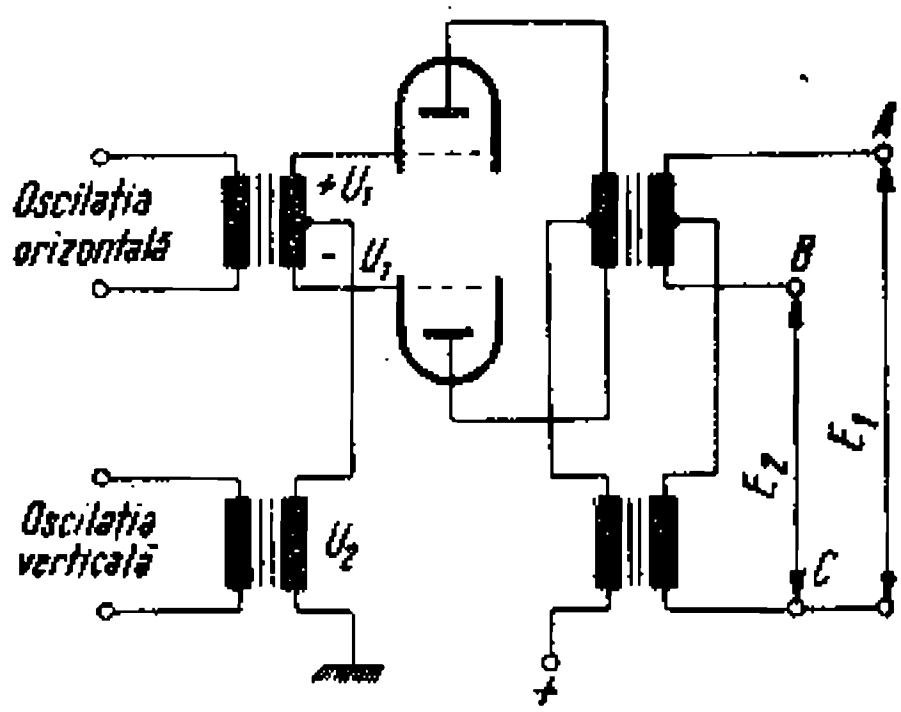


Fig. IV.15. Schema electrică de principiu a unui amplificator de putere folosit în cazul reproducerilor discurilor cu o doză 0°—90°.

Inversarea fazei semnalului E_2 se poate face foarte ușor prin inversarea legăturilor la difuzor. Se observă că prin intermediul acestui montaj se pot reproduce și direct semnalele stînga-dreapta, aplicîndu-le în opoziție de fază pe grilele tuburilor finale. Unul dintre avantajele acestui montaj constă în faptul că nu se saturează miezul de fier al transformatorului de ieșire, distorsiunile fiind reduse. La reducerea distorsiunilor contribuie și existența montajului în contratimp.

Alte montaje utilizează un singur transformator de ieșire; printr-o judicioasă legare a înfășurărilor acestuia s-au obținut filtre trece-sus și trece-jos (prin utilizarea inductanțelor de scăpări) necesare în unele cazuri pentru îmbunătățirea audițiilor stereofonice. Valoarea inductanței de scăpări poate fi mărită sau micșorată prin construcția transformatorului și prin alegerea unor dimensiuni adecvate.

În fig. IV.16 sînt reprezentate conexiunile unui transformator cu două înfășurări, transformatorul putînd fi utilizat și ca filtru. Pentru obținerea filtrului trece-sus, este necesară o legătură electrică între cele două înfășurări.

Un amplificator prevăzut cu un astfel de transformator este reprezentat în fig. IV.17.

Semnalele dreapta-stînga se aplică la grilele tuburilor finale după ce în prealabil au fost amplificate de un tub dublu. La ieșire, se obțin semnalele stînga-dreapta, în banda

frecvențelor medii și înalte, începînd de la frecvența de 250 Hz. Însumarea acestor semnale în banda frecvențelor joase este posibilă prin intermediul celeilalte înfășurări, care este destinată unui canal central. Reacția negativă se aplică pe catozii tubului dublă triodă.

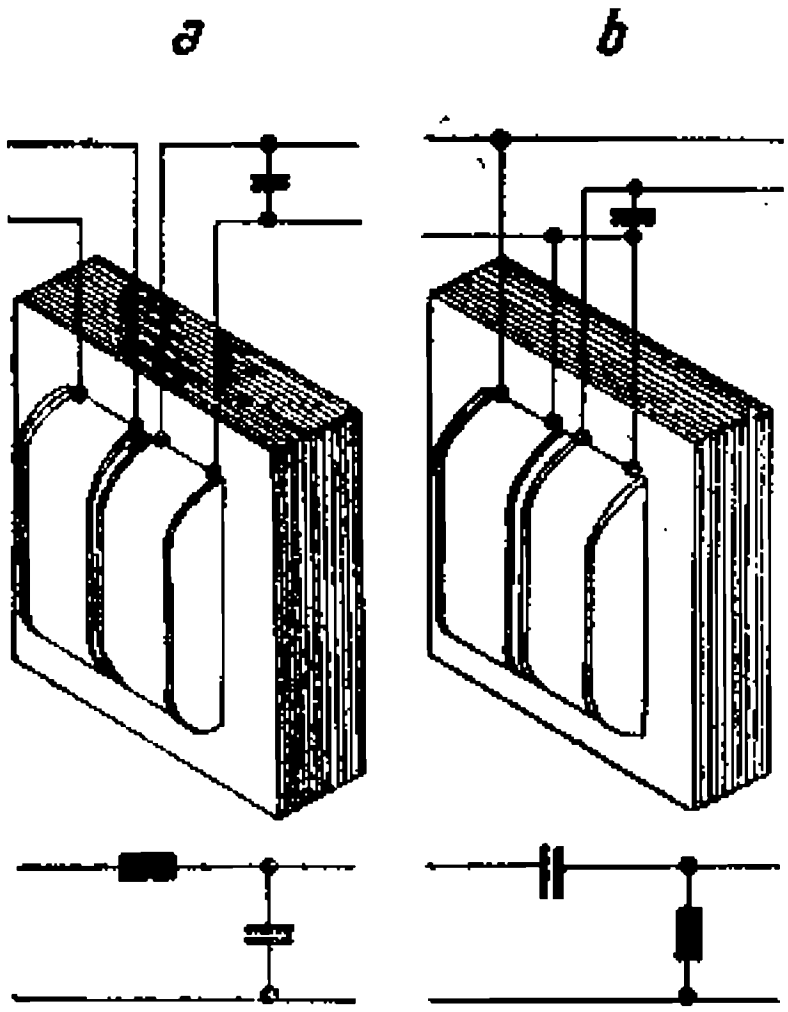


Fig. IV.16. Conexiunile unui transformator cu două înfășurări utilizat și ca filtru:
a — filtru trece-jos; *b* — filtru trece-sus.

Construcția transformatorului de ieșire se poate urmări în fig. IV.18. Priza mediană a celei de a treia înfășurări este scoasă astfel încît inductanța de scăpări dintre cele două părți rămase să fie mult mai mică decît inductanța formată de această înfășurare față de cea de a treia.

Construcția aleasă trebuie să asigure o separare a canalelor la frecvența de 250 Hz.

Schema din fig. IV.17 a fost completată cu reglajul caracteristicilor de frecvență pe fiecare canal prin aplicarea unor rețele

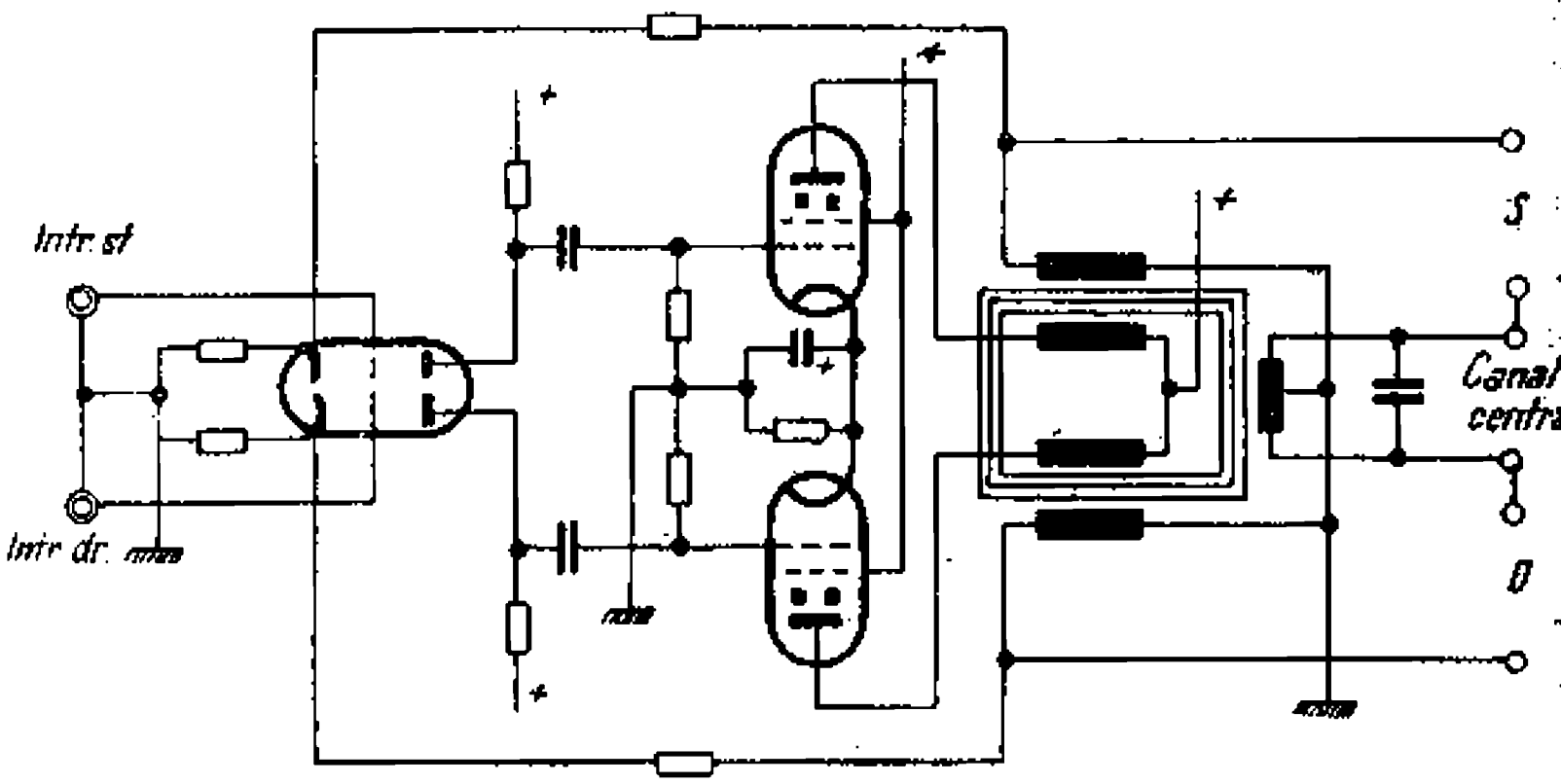


Fig. IV.17. Schema electrică de principiu a unui amplificator de putere prevăzut cu un transformator special.

corectoare în circuitele de reacție. Astfel, pentru reglajul frecvențelor joase, s-a aplicat o reacție negativă suplimentară, pornind din cea de a treia înfășurare, prin rezistențele R_1 și R_2 (fig. IV.19, *a*) ajungînd astfel la catodul

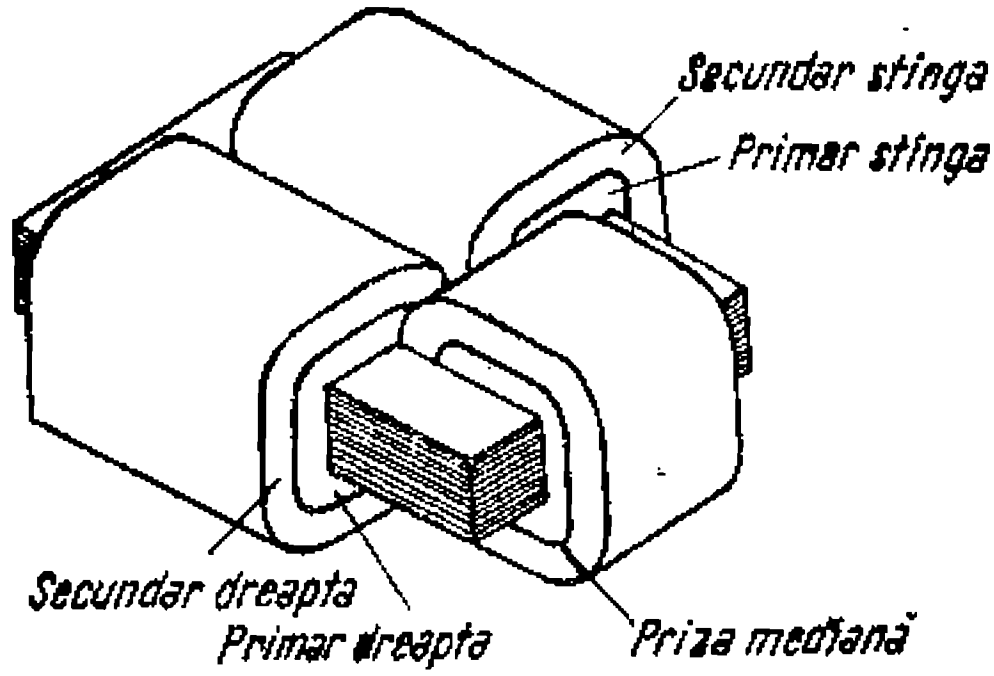
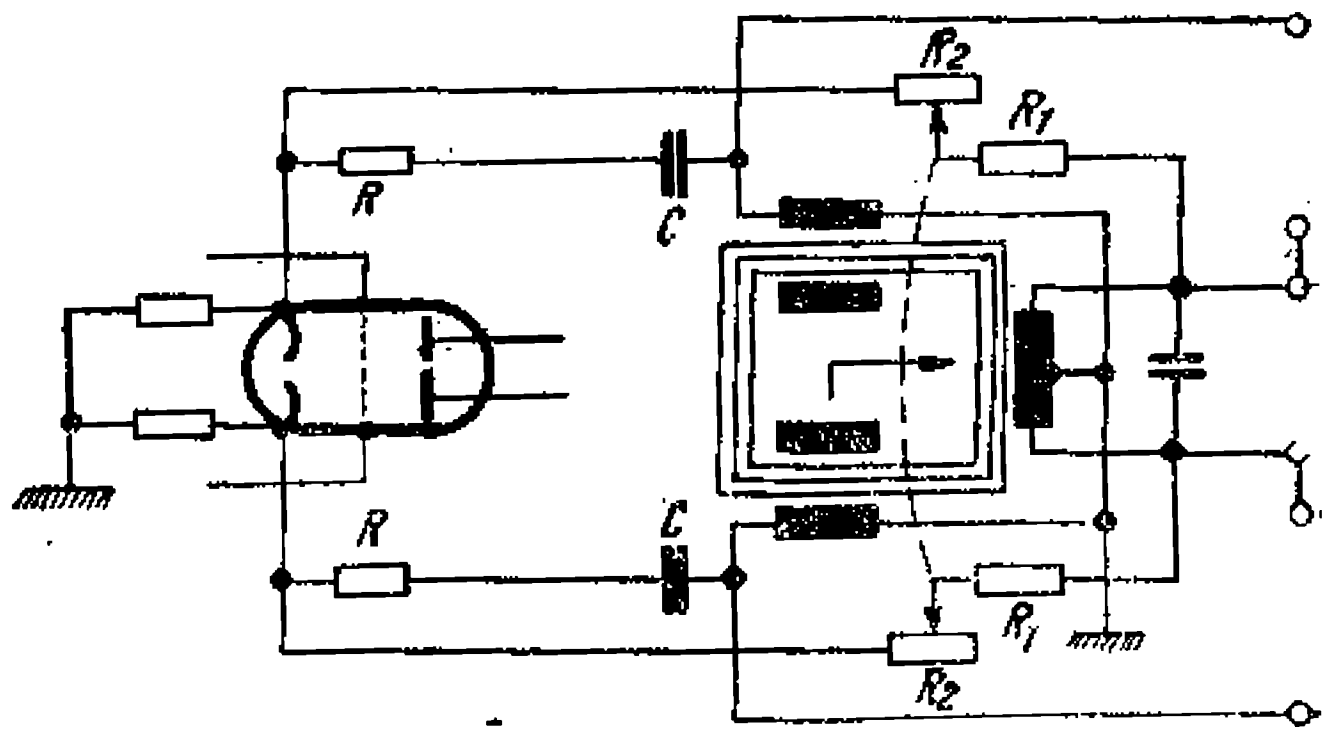


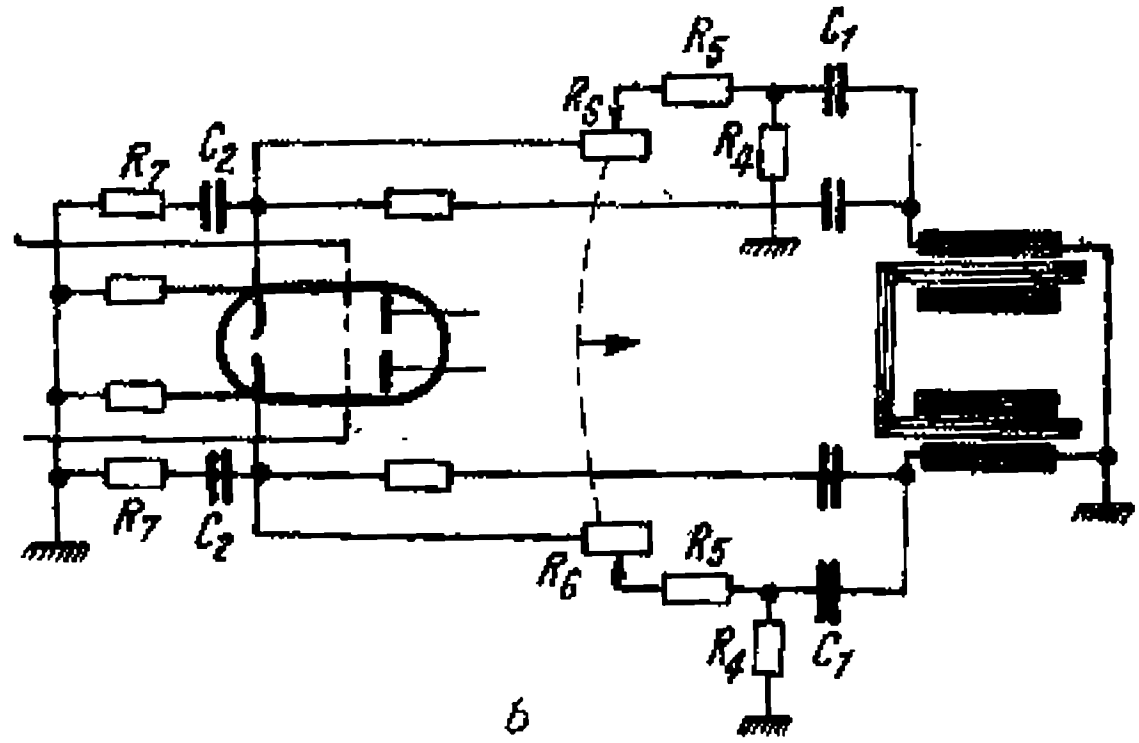
Fig. IV.18. Construcția unui transformator de ieșire cu trei înfășurări.

triodei. Circuitul format din inductanțele parțiale ale înfășurării secundare, capacitatea C și rezistența R are rolul de a accentua această corecție, deoarece la frecvența lor de rezonanță reacția negativă este maximă, modificînd aspectul caracteristicii de frecvență. Aceasta este crescătoare la frecvențele înalte și joase. Cu ajutorul reacției negative suplimentare, la frecvențe joase se poate nivela această caracteristică. Pentru obținerea unui reglaj la frecvențe înalte, se aplică o rețea suplimentară formată din rezistențele R_4, R_5, R_6, R_7 și capacitățile C_1, C_2 (fig. IV.19, *b*). Montajul prezentat permite separarea celor două canale, dreapta-stînga, realizarea unei ieșiri cu aceste semnale însumate pentru un canal central și corectarea caracteristicii de frecvență, fără a adăuga alte circuite exterioare. Avantajul acestui transformator constă și în faptul că poate fi montat pentru a reda și întreaga gamă de frecvențe în canalele de bază, dreapta și stînga (fig. IV.20, *a*). De asemenea, prin reglajul numărului de spire a înfășurării pentru cel de-al treilea canal, se poate adapta orice difuzor la etajul final existent. În acest caz, montarea lui se face ca în fig. IV.20,*b*.

Pe lîngă elementele de amplificare, amplificatoarele de putere mai conțin și alte dispozitive necesare diferitelor reglaje, ca : echilibrarea volumului sonor pe fiecare canal, schimbarea canalelor, a fazei etc.

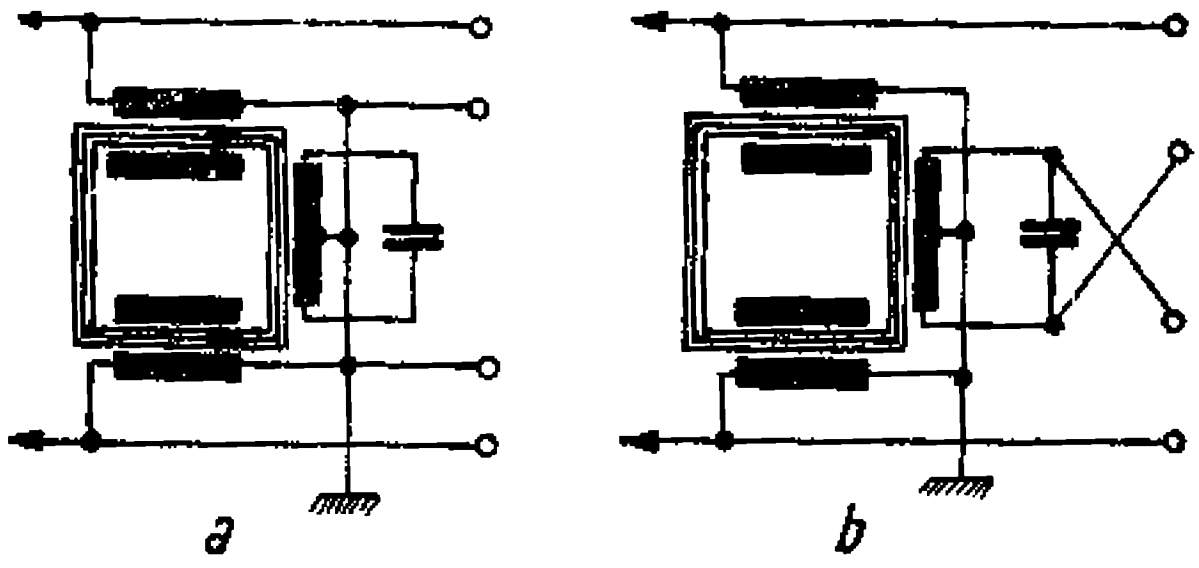


a



b

Fig. IV.19. Schema electrică de principiu a amplificatorului din fig. IV. 17 prevăzut cu circuite de corecție :
a — reglajul frecvențelor joase; b — reglajul frecvențelor înalte.



a b

Fig. IV.20. Diferite procedee de montare a transformatorului cu trei înfășurări.

Pentru echilibrarea volumului sonor, se recomandă folosirea unui potenţiometru dublu, astfel încît printr-o singură manevră să poată fi ajustate nivelurile ambelor canale (fig. IV.21). Comanda „echilibru“ este necesară pentru obți-

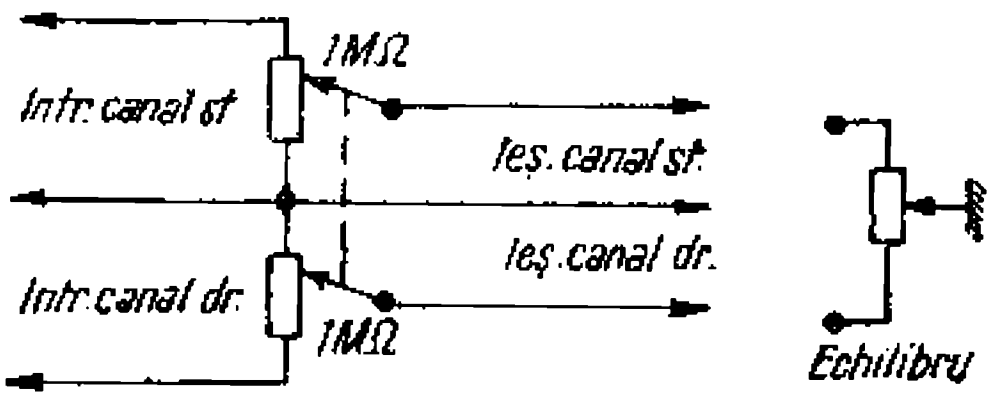


Fig. IV.21. Folosirea unui potenţiometru dublu pentru reglarea nivelurilor celor două canale stereofonice.

nerea echilibrului între nivelele semnalelor provenite din cele două canale dreapta şi stînga. Aceste elemente se montează de obicei în circuitele de intrare ale amplificatoarelor.

Alte elemente folosite sînt acelea care permit obținerea unui program monofonic sau inversarea celor două canale. În fig. IV.22 se vede un montaj simplu care execută aceste operații. Montarea în fază a difuzoarelor este necesară pentru obținerea efectului stereofonic corect. Inversînd conexiunile, cu ajutorul comutatorului cu două poziții „normal și invers“, se readuc canalele la funcționare normală.

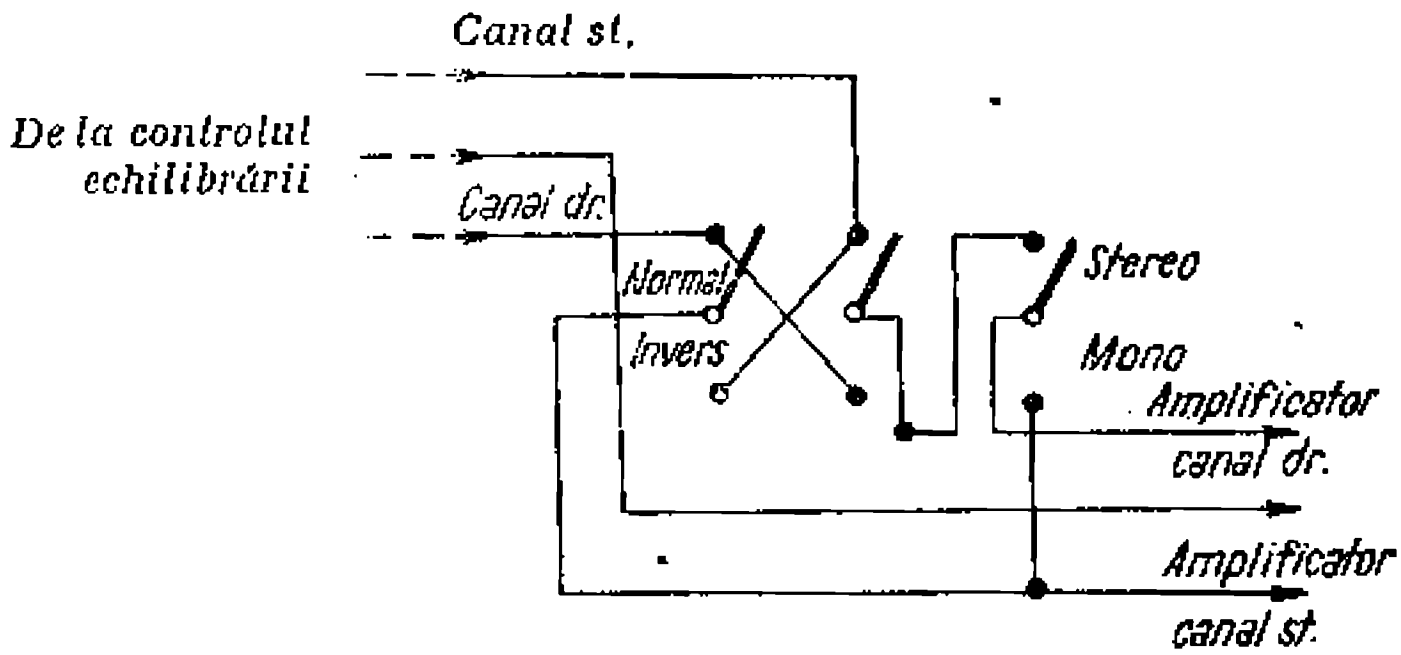


Fig. IV.22. Schemă pentru executarea comutărilor din amplificatoarele stereofonice.

Amplificatoare de înaltă fidelitate. Echipamentul care permite amplificarea sunetului stereofonic este compus în general din două părți : un preamplificator, unde se introduc

corecțiile pentru diferite surse de sunete (agregat de redat discuri, magnetofon, microfon etc.), și amplificatorul de putere, care amplifică semnalul aplicat.

În cele ce urmează se vor descrie cîteva montaje de amplificatoare de înaltă fidelitate folosite în tehnica reproducerilor stereofonice.

Unul dintre aparate este de tipul „Telewatt VS-55". Cu un astfel de aparat se pot reproduce semnalele obținute de la un agregat de redat discuri, magnetofon, sau radioreceptor de calitate. Aparatul permite redarea înregistrărilor monofonice și a înregistrărilor stereofonice pe două canale. Caracteristicile de frecvență ale amplificatorului reprezentat în fig. IV.23 arată că se poate obține o relevare atît a semnalelor de frecvență joasă, cît și a celor de frecvență înaltă. Prin combinarea acestor corecții, se poate compensa și caracteristica de frecvență de la înregistrarea discurilor (fig. IV. 24, *b*). În cazul redării discurilor, se pot îndepărta vibrațiile perturbatoare prin introducerea unei atenuări de aproximativ 10 dB în gama de frecvențe cuprinsă între 20 și 40 Hz.

Amplificatorul grupează în același șasiu preamplificatoarele și amplificatorul de putere ale ambelor canale stereofonice. Amplificatorul are o putere maximă totală de ieșire de 30 W. Distorsiunile de neliniaritate ale fiecărui canal pentru armonica a doua au valoarea de 0,5%, iar pentru armonica a treia, 0,6%, pentru o putere electrică de 12 W și o frecvență de 800 Hz. Caracteristica de frecvență a amplificatorului este cuprinsă între 25 Hz și 20 kHz, cu o abatere de ± 0,5 dB, iar în gama de la 25 Hz la 100 kHz, cu o abatere de ± 1,5 dB. Zgomotul de fond este mai mare de —60 dB pentru o tensiune de intrare de 7 mV și de —80 dB, pentru o tensiune de intrare de 100 mV. Canalele sînt dimensionate pentru rezistențe de sarcină de 5 și 15 Ω. Amplificatorul are următoarele borne de intrare:

— intrare de magnetofon, prevăzută pentru o tensiune de intrare de 100 mV și o impedanță de intrare de 100 k Ω;

— intrare pentru doză de reprodus discuri, cu tensiune de intrare de 5 mV pe impedanța de 8 k Ω (doză cu cristal) și de 47 k Ω (doză magnetică);

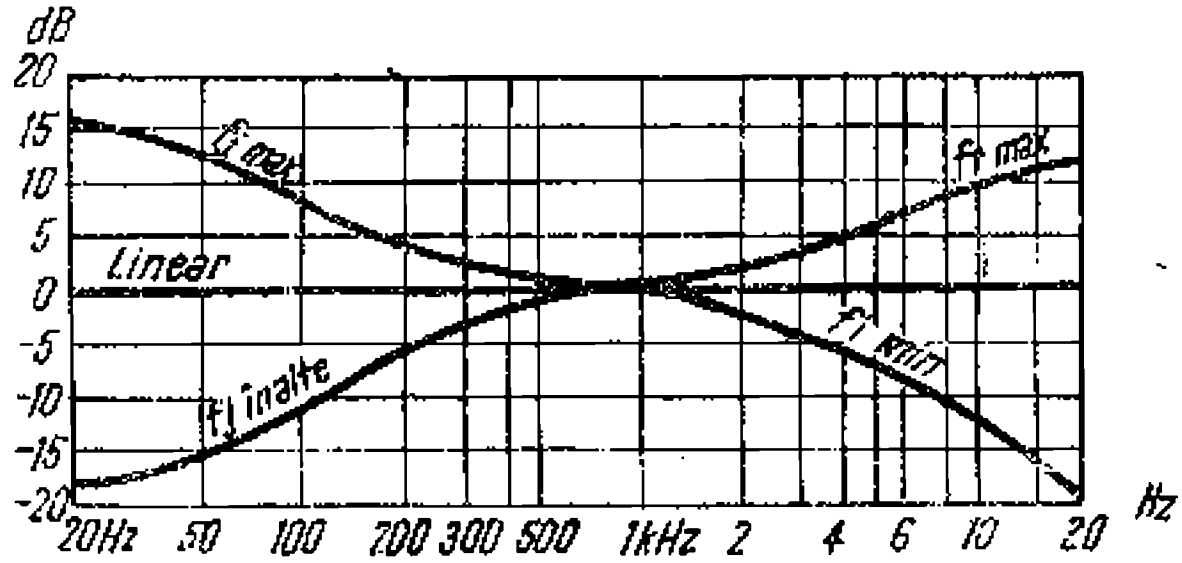
— intrare de microfon, tensiune de intrare 7 mV pe 100 k Ω și 2 mV pe impedanța de 200 Ω;

Fig. IV.23. Schema electrică de principiu a amplificatorului de putere Telewatt VS-55.

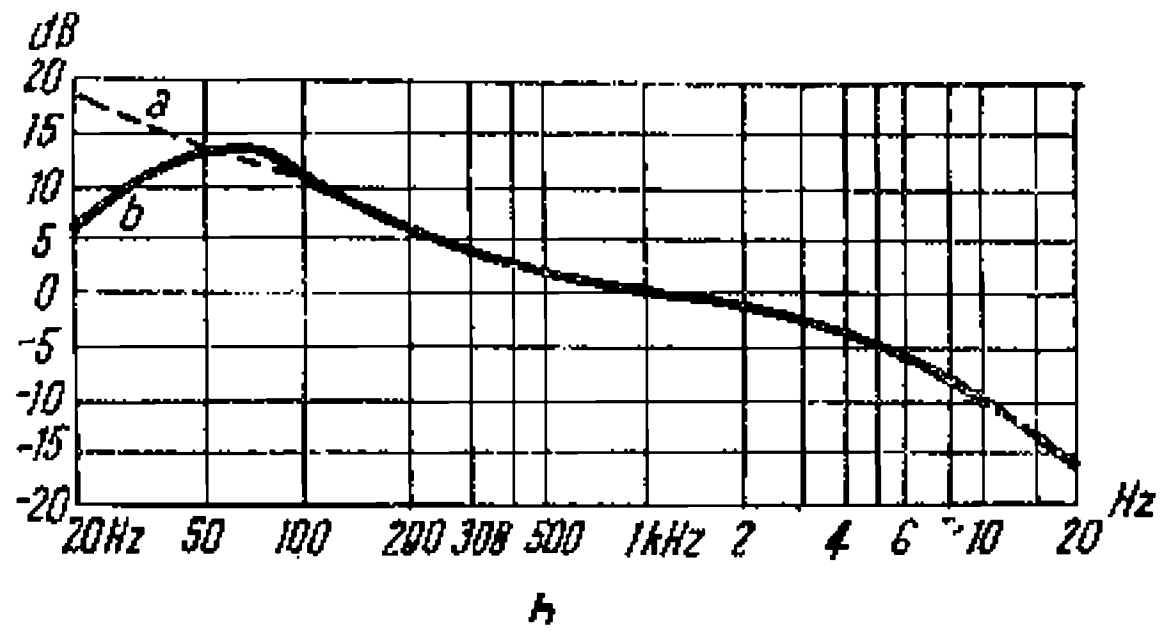
— intrare de radio cu 100 mV, intrare pe o impedanță de 100 k Ω și

— o intrare pentru un program de televiziune.

Tuburile utilizate sînt următoarele : patru tuburi ECL82, cinci tuburi ECC83, un tub EZ81 și o diodă OA81.



a



b

Fig. IV.24. Caracteristicile de frecvență ale amplificatorului de putere Telewatt VS-55.

Etajul de intrare al celor două canale este realizat după un montaj în cascodă. Cu ajutorul comutatorului S_2, se alege programul care trebuie să fie amplificat. Comutatorul S_1 este destinat pentru conectarea în circuitul de intrare al amplificatorului fie a unei doze magnetice fie a unei doze de cristal. După o amplificare preliminară, semnalele celor două canale sînt aduse la grila tuburilor următoare prin potențiometrul dublu P_1. Prin intermediul comutatorului S_{4r} se introduc corecții în amplificare, modificînd astfel caracteristica de frecvență prin ridicarea frec-

venţelor joase şi înalte (poziţia *1*). În poziţia *2*, se obţine o audiţie normală.

Pentru echilibrarea canalelor, în cazul cînd acestea nu sînt egale ca nivel, reglajul cu ajutorul potenţiometrului P_4 va crea o audiţie cu o distribuţie corectă a surselor sonore virtuale. Potenţiometrul P_4 este plasat în circuitul catozilor tubului ECC83 (o jumătate a tubului T_3 sau T_4), influenţînd decuplajul acestora. Între cele două jumătăţi ale tubului ECC83 (T_3, T_4) sînt introduse circuite pentru reglajele de tonalitate. Potenţiometrul P_2 reglează frecvenţele joase, iar potenţiometrul P_3, frecvenţele înalte.

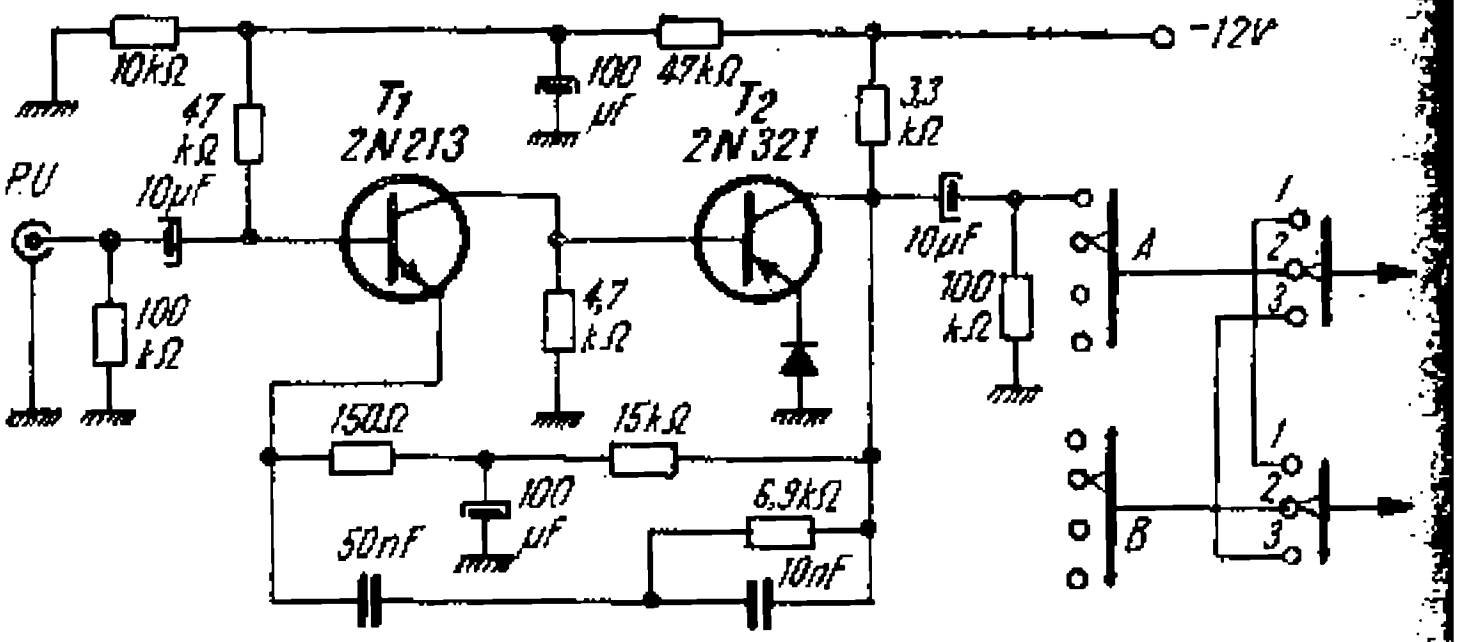
După amplificările corespunzătoare cu tuburile ECC83 şi ECL82 (aplicîndu-se pe catod reacţia negativă), se ajunge la inversorul de fază de tip clasic. Cu cele două părţi de pentodă ale tuburilor ECL82 se face amplificarea în putere cu un montaj clasic în contratimp. Negativarea tuburilor de putere este adusă direct la grilele lor, după o redresare corespunzătoare cu dioda D_1. Echilibrarea etajelor în contratimp se face cu potenţiometrele P_6 şi P_7. Prin intermediul tastelor S_3, se pot realiza următoarele operaţii : redarea canalului stînga şi redarea canalului dreapta, reproducerea monofonică compatibilă a unui program, redarea unui program stereofonic, inversarea celor două canale stereofonice. Schema amplificatorului mai permite şi schimbarea fazei cu 180°. (comutatorul S_6). Comutatorul trecînd pe poziţia *1*, semnalul este aplicat pe catodul tubului T_5 (ECC83).

Alimentarea preamplificatorului şi a tuburilor finale se face printr-un tub redresor EZ81 şi prin mai multe celule de filtrare. Filamentele tuburilor sînt alimentate prin înfăşurările respective ale transformatorului de reţea, avînd potenţiometre cu prize la masă pentru eliminarea zgomotului, precum şi rezistenţe de reducere a tensiunii echilibrate pe fiecare ramură de alimentare, pentru reducerea tensiunii de filamente a primului tub. Astfel, se reduc în mod simţitor zgomotele datorite emisiei electronice a catodului. Consumul total al acestui amplificator este de circa 80 W.

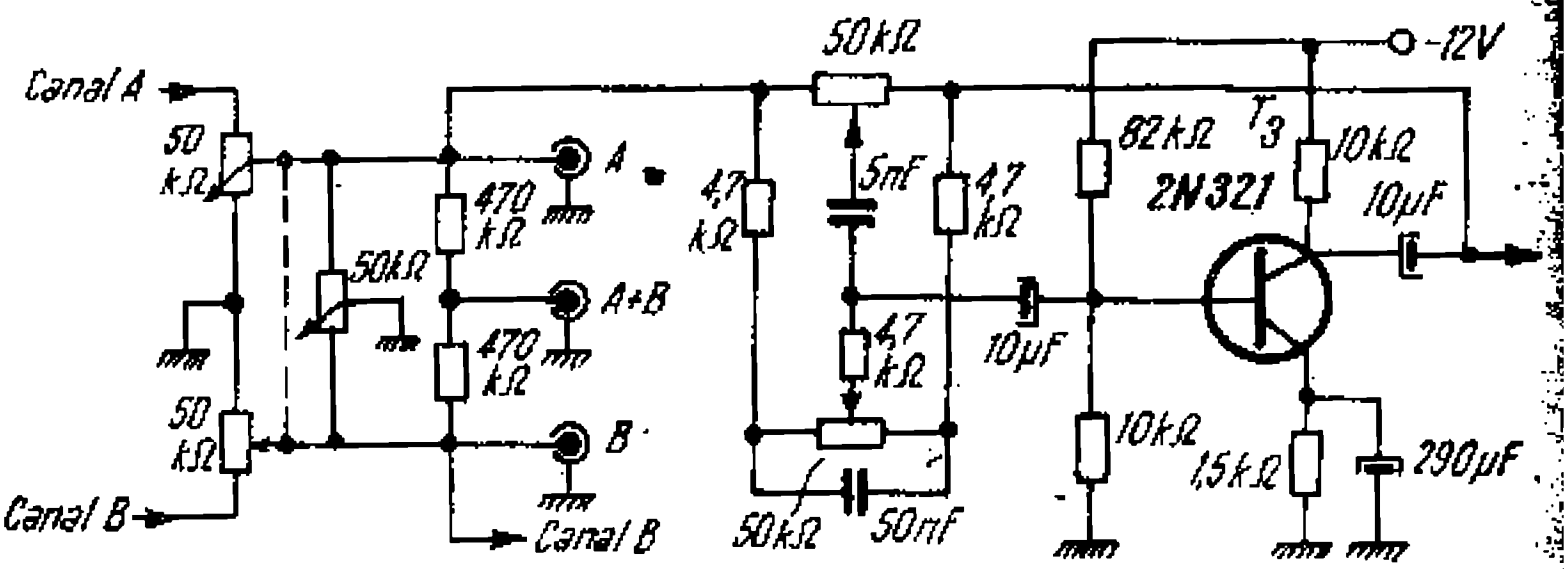
În urma aplicării unei tehnologii din ce în ce mai perfecţionate, tranzistoarele au început să pătrundă în echipamentele de înaltă fidelitate. Din cauza volumului foarte redus al acestora, se pot confecţiona şasiuri cu dimensiuni foarte mici, amplificatoarele putînd astfel să fie transportate foarte uşor. Amplificatorul care se va descrie conţine 20

tranzistoare de tip pnp și npn, fiecare canal stereofonic conținînd cîte 10 tranzistoare.

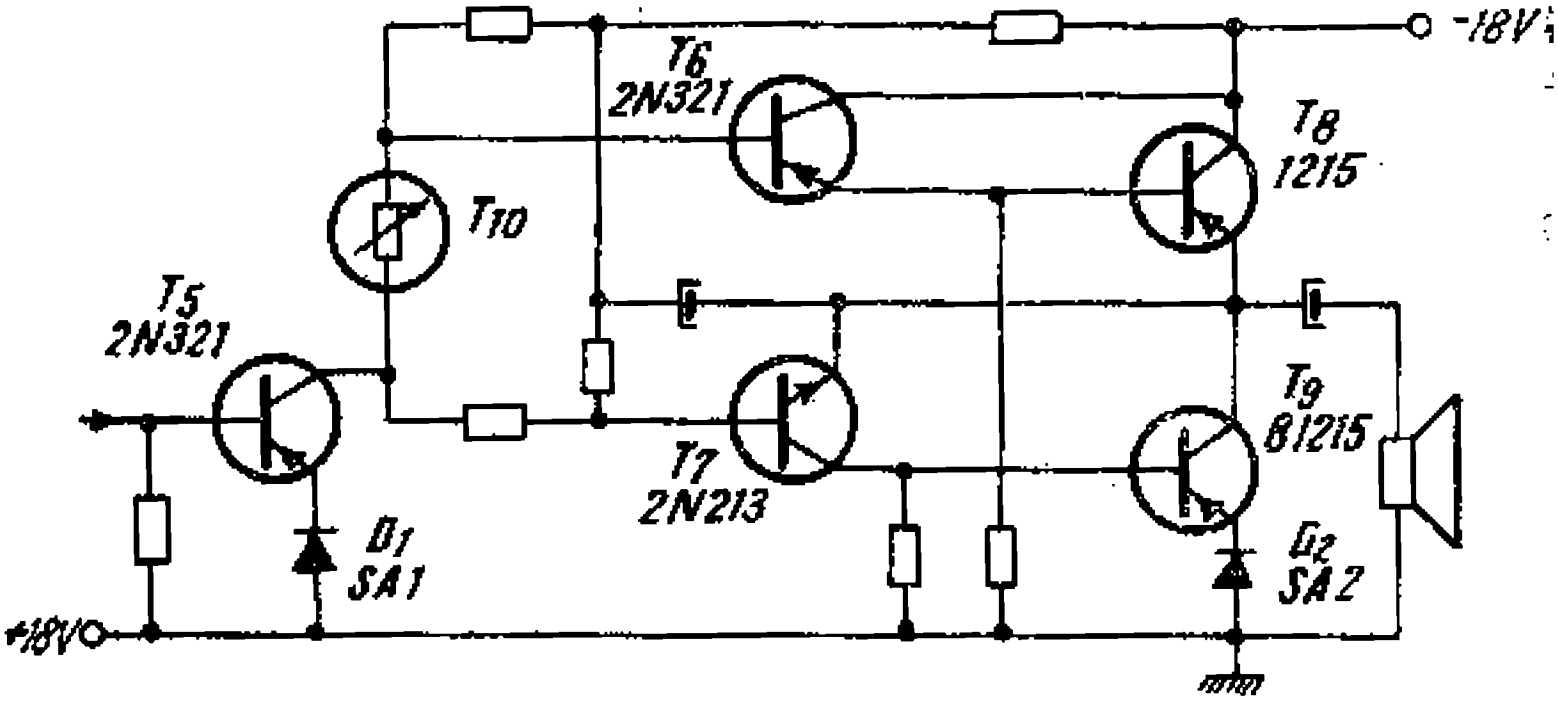
Etajul de intrare se compune din două tranzistoare T_1 T_2 (fig. IV. 25, *a*). Colectorul primului tranzistor (2N21



a



b



c

Fig IV.25. Etajele de amplificare ale unui amplificator stereofonic de putere cu tranzistoare.

este legat direct la baza celuilalt (2N321). Acest fel de montaj este posibil datorită utilizării tranzistoarelor pnp și npn.

Compensarea caracteristicii de înregistrare a discurilor se face după curba R.I.A.A. prin bucla de reacție negativă de la colectorul tranzistorului T_2 la emitorul tranzistorului T_1.

Semnalul maxim care se poate aplica unui astfel de etaj este de 60 mV. Aparatul are 5 borne de intrare, și anume pentru : agregate de redat discuri, magnetofon, radioreceptor și două intrări auxiliare. Amplificarea este reglată cu ajutorul a două potențiometre de 50 kΩ (fig. IV. 25, *b*), iar echilibrul între canale se poate obține prin intermediul unui potențiometru montat între cursoarele acestora. Cursorul acestui ultim potențiometru este legat la masă. Este de notat că într-o poziție extremă se poate reduce la zero nivelul unui canal. Acest lucru interesează pentru utilizarea acestui amplificator și în reproducerile monofonice. La ieșirea din sistemul de reglaj al nivelului descris se găsesc trei prize destinate, una, canalului stînga *A*, alta, canalului dreapta *B* și a treia, sumei celor două canale $A + B$. Acest ultim canal poate fi utilizat pentru a realiza un amplificator de putere pentru un al treilea canal, central, cu scopul de a înlătura efectul de gol în centru. Pentru corectarea caracteristicii de frecvență, există un element de reglaj asemănător cu cel din montajele clasice cu tuburi utilizînd o reacție negativă, așa cum se vede în schemă. Reglajele permise sînt următoarele : 13 dB la frecvența de 100 Hz și 16 dB la frecvența de 10 kHz. După acest filtru urmează un etaj cu tranzistorul 2N321.

Un al patrulea tranzistor asigură cuplajul cu etajul final. El este de tipul npn. În acest montaj emitorul acestui tranzistor este legat printr-o rezistență de 33 kΩ cu circuitul de ieșire al etajului final T_8 T_9. În circuitul lui se află și comutatoarele notate cu C_3, C_4, C_5, care îndeplinesc diferite funcții, ca introducerea unui filtru trece-sus cu frecvența de tăiere de 40 Hz, introducerea unui filtru care relevă semnalele la 40 Hz și 10 kHz cu cîte 10 dB și, în sfîrșit, introducerea unui filtru trece-jos cu frecvența de tăiere 6 kHz, utilizat mai ales pentru discuri uzate.

În amplificatorul de putere cuplajul între etaje se face direct (fig. IV.25, *c*). Funcționarea acestui amplificator este următoarea : la aplicarea unei tensiuni pozitive pe tranzistorul T_5, impedanța emitor-colector va crește. Ca o consecință imediată a acestui fapt apare tensiunea negativă

pe baza tranzistoarelor T_6 și T_7. Dat fiind că aceștia sînt de tipuri diferite (pnp și npn), impedanțele emitor-colector vor varia în sens invers; impedanța tranzistorului T_6 se va micșora, negativînd mai mult baza tranzistorului T_8. În cazul semnalelor alternative, aceste fenomene se produc instantaneu, conform valorii amplitudinii de la baza tranzistorului T_5. Semnalul apare între emitorul tranzistorului T_8 și colectorul tranzistorului T_9 și se aplică difuzorului printr-un condensator electrolitic. Schema electrică de principiu se vede în fig. IV.26.

Performanțele acestui amplificator sînt următoarele:

puterea de ieșire: 5 W în gama de frecvențe 30—15 000 Hz și 1 W în gama de frecvențe 20—25 000 Hz;

distorsiuni neliniare: 0,5% la 1 000 Hz la puterea de 5 W;

distorsiuni de intermodulație: 0,9% la puterea de 5 W, frecvențele de măsură fiind 60 și 6 000Hz, cu amplitudinile în raport 4 : 1;

zgomot de fond: — 72 dB pentru intrare de doză; — 85 dB pentru celelalte intrări;

tensiunea de intrare: 3 mV pentru intrarea de doză; 140 mV pentru celelalte intrări; pentru aceste valori ale tensiunii de intrare se obține o putere electrică de 3 W;

impedanța de ieșire: 2,5 și 16 Ω;

putere disipată: 2 W în gol; 60 W în sarcină;

tensiunea de alimentare: 12 sau 28 V curent continuu.

Caracteristicile tehnice ale amplificatoarelor cu tranzistoare demonstrează calitatea superioară a acestora și justifică utilizarea lor în instalațiile de înaltă fidelitate. În plus, aceste amplificatoare au un volum redus și o greutate scăzută, putînd fi ușor transportabile.

Amplificatoare destinate amatorilor. Amplificatoarele utilizate de amatori trebuie să îndeplinească unele condiții, printre care se enumeră: montajul simplu de executat ușor de adaptat la aparatele de bază pe care le are amatorul, cu cost cît mai mic și de calitate relativ bună.

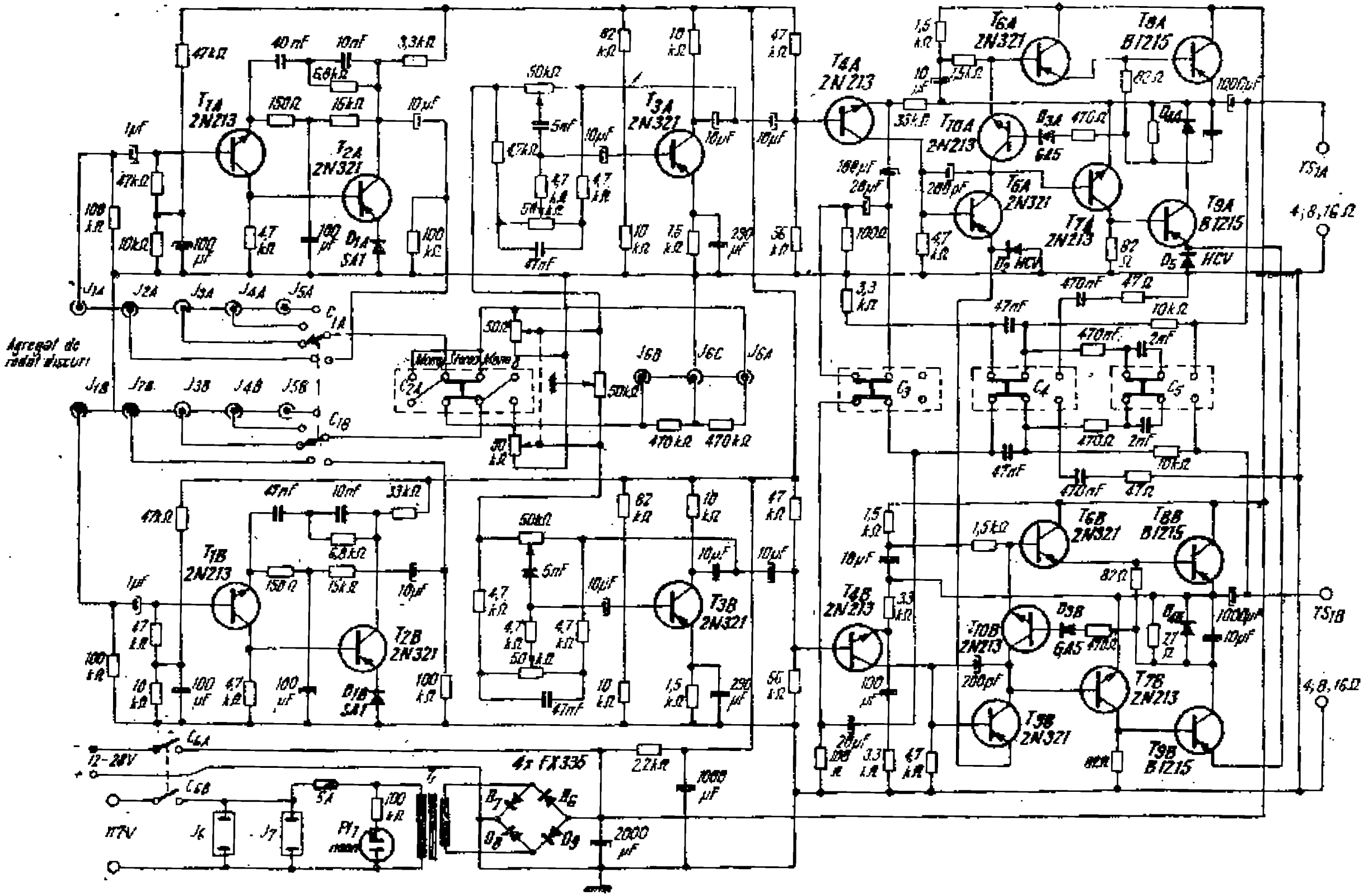


Fig. IV.26. Schema electrică de principiu a unui amplificator stereofonic de putere cu tranzistoare.

Un astfel de amplificator este cel reprezentat în fig. IV.27. Acesta este prevăzut cu trei tuburi electronice. Primul tub este o dublă triodă, iar celelalte două tuburi sînt pentode finale. Reacția negativă aplicată pe catodul unei jumătăți a tubului dublă triodă este luată de la secundarul transformatorului de ieșire printr-un divizor format din rezistențele R_4 și R_3 (R_{11}, R_{10}). Al doilea procedeu de aplicare a reacției negative constă în legarea ecranelor tuburilor finale la o priză a înfășurării primare a transformatorului.

Două linii de alimentare a tensiunii anodice sînt destinate, una, pentru primul tub, cealaltă, pentru al doilea. Tuburile folosite sînt ECC83 și 6V6, iar tubul redresor poate fi 5Ц4С.

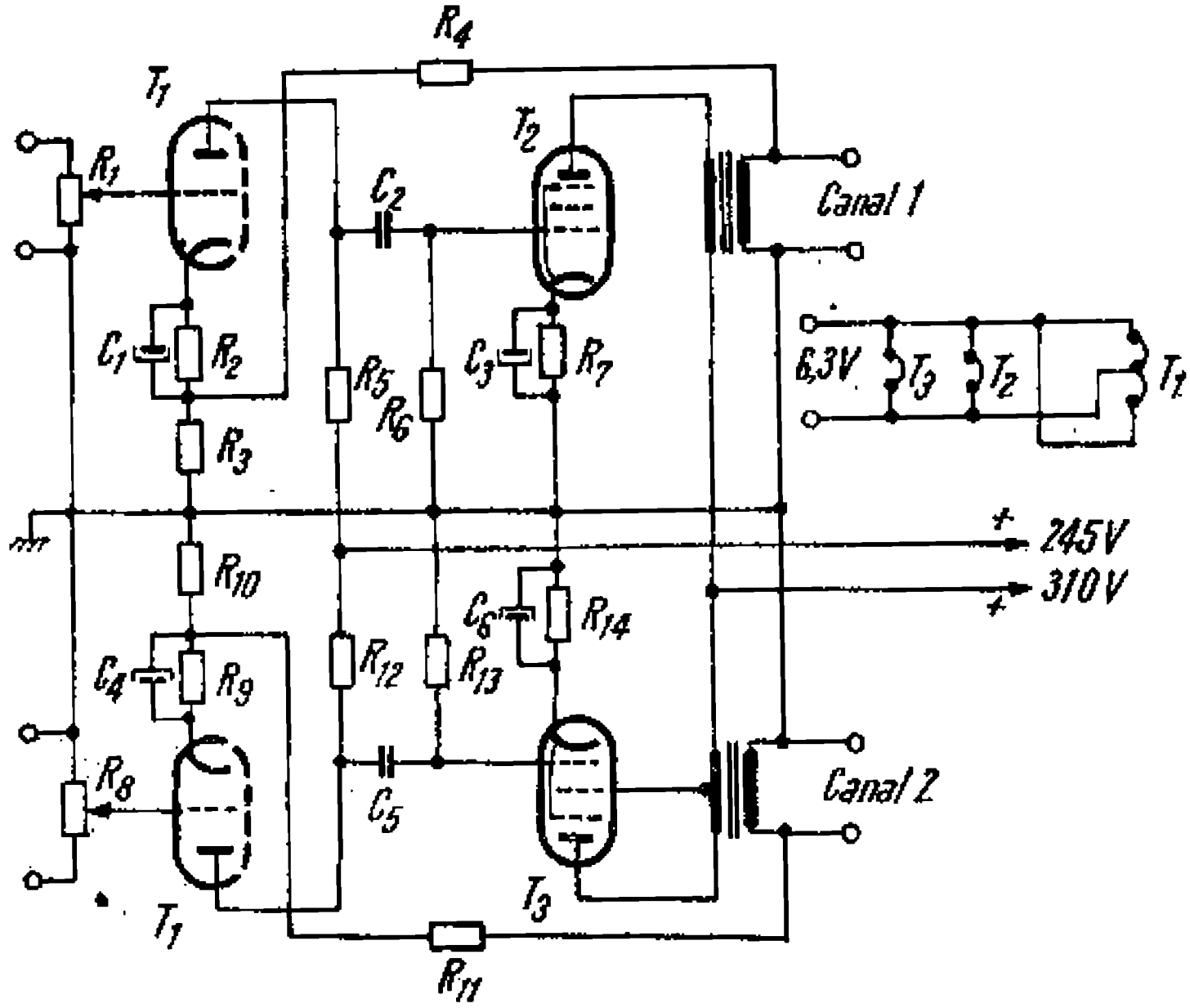
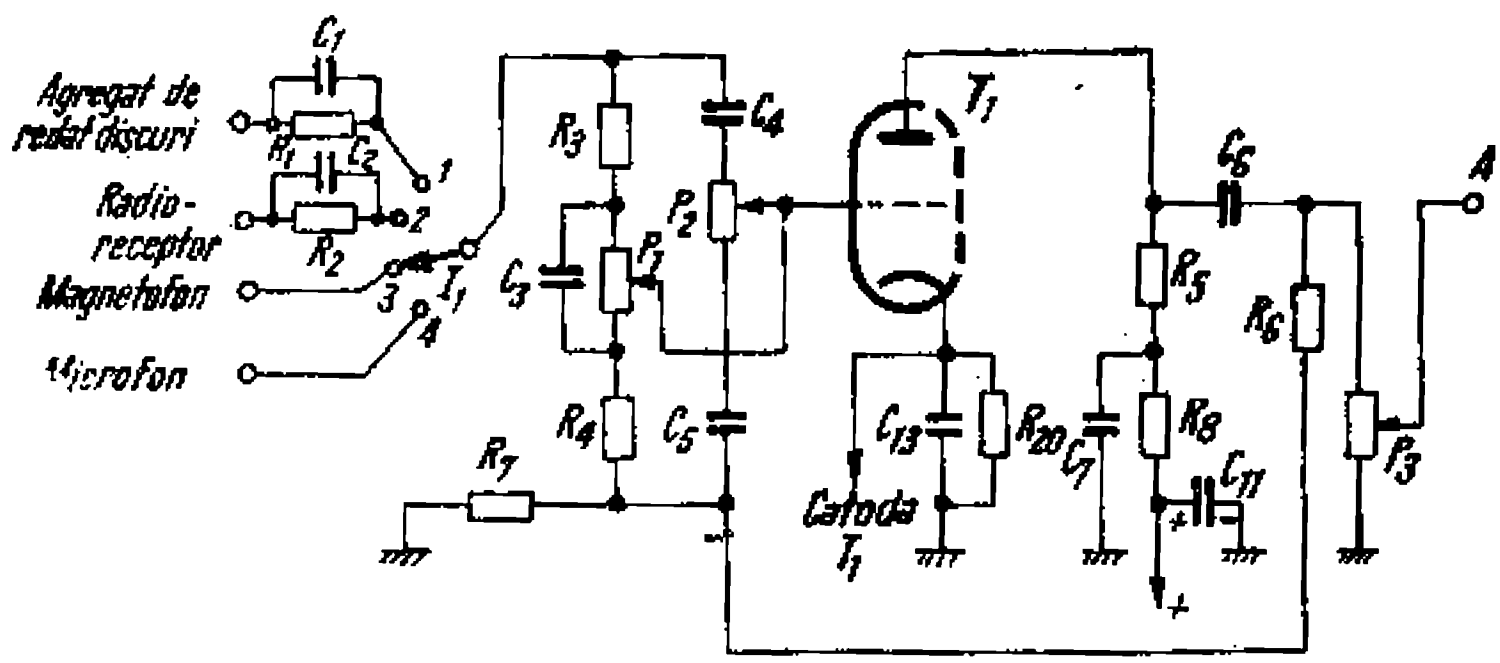


Fig. IV.27. Schema electrică de principiu a unui amplificator stereofonic de putere cu trei tuburi.

Elementele din schemă au următoarele valori:

$R_1 = R_8 = 1$ M Ω; $R_2 = R_9 = 2{,}2$ k Ω; $R_3 = R_{10} = 100$ Ω; $R_4 = R_{11} = 1\,200$ Ω; $R_5 = R_{12} = 220$ k Ω; $R_6 = R_{13} = 470$ k Ω, $R_7 = R_{14} = 325$ Ω; $C_1 = C_4 = 25$ μF la 25 V, $C_2 = C_5 = 20\,000$ pF 600 V, $C_3 = C_6 = 100$ μF, 25 V.

Calităţile acestui amplificator sînt dintre cele mai bune. Caracteristica de frecvenţă a fiecărui amplificator pentru o putere de ieşire de 2,3 W este liniară şi cuprinsă între 20 şi 20 000 Hz, cu abateri la frecvenţele limită —6 dB. Tensiunea de intrare a amplificatorului este de 40,5 V, pentru care se obţine o putere electrică de 2,3 W. Zgomotul de fond este de —73 dB. Reacţia negativă aplicată este de 8 dB.



Amplificatorul care va fi descris în continuare este realizat cu minimum de circuite de corecţie, performanţele lui fiind destul de bune pentru a putea fi utilizat de un amator mai pretenţios. Amplificatorul cuprinde patru intrări; şi

anume: pentru agregat de redat discuri, radio, respectiv magnetofon și microfon. Tuburile folosite sînt următoarele: primul etaj este construit cu trioda tubului ECF82, al doilea etaj, cu pentoda aceluiași tub, iar etajul final, cu tubul EL84. Acest ansamblu cuprinde două amplificatoare identice utilizînd, bineînțeles, aceeași sursă de alimentare. Caracteristicile tehnice principale arată că acesta va putea fi folosit cu succes în reproducerile stereofonice. Caracteristica de frecvență a amplificatorului este cuprinsă între 30 și 20 000 Hz, cu o abatere de ± 1 dB. Puterea de ieșire este de 2×3 W în gama de frecvențe cuprinsă între 40 și 15 000 Hz cu un factor de distorsiuni neliniare de 1%. Variația caracteristicii de frecvență poate fi reglată în limitele de ± 10 dB la 30 Hz și 15 kHz. Echilibrarea nivelului între cele două canale permite un reglaj între -4 și $+6$ dB. Raportul semnal-zgomot este de ordinul -65 dB. Tensiunile de intrare sînt următoarele: pe poziția microfon și magnetofon, 80 mV, iar pe poziția agregat de redat discuri și radio, 150 mV. În fig. IV.28, *a* este reprezentat etajul preamplificator corector format din prima jumătate a tubului ECF82. Aici se realizează corecții fixe cu elementele C_1R_1 și C_2R_2 la bornele de intrare pentru agregatul de redat discuri și radio și corecții variabile; reglajul acestor corecții se face cu potențiometrul P_1 (pentru frecvențe joase) și cu potențiometrul P_2 (pentru frecvențele înalte). Cu ajutorul comutatorului I_1, se alege semnalul programului dorit. Reglajul general al nivelului pentru fiecare canal se face cu potențiometrul P_3. În fig. IV.28, *b* este indicată partea de amplificare finală a semnalului. Aici se găsește un comutator I_2-I_3, care permite următoarele legături:

— poziția *a* — pune în paralel grilele tubului ECF82, partea de pentodă, programul fiind ales numai pentru un singur canal;

— poziția *b* — conectează separat canalele, pentru reproduceri stereofonice;

— poziția *c* — la fel ca în poziția *a*, însă programul este ales pentru celălalt canal;

— poziția *d* — cele două canale sînt inversate.

Cu aceste comutații, deci, se pot face toate legăturile posibile.

În afară de reacția negativă aplicată primului etaj, se mai utilizează un circuit de reacție negativă format din

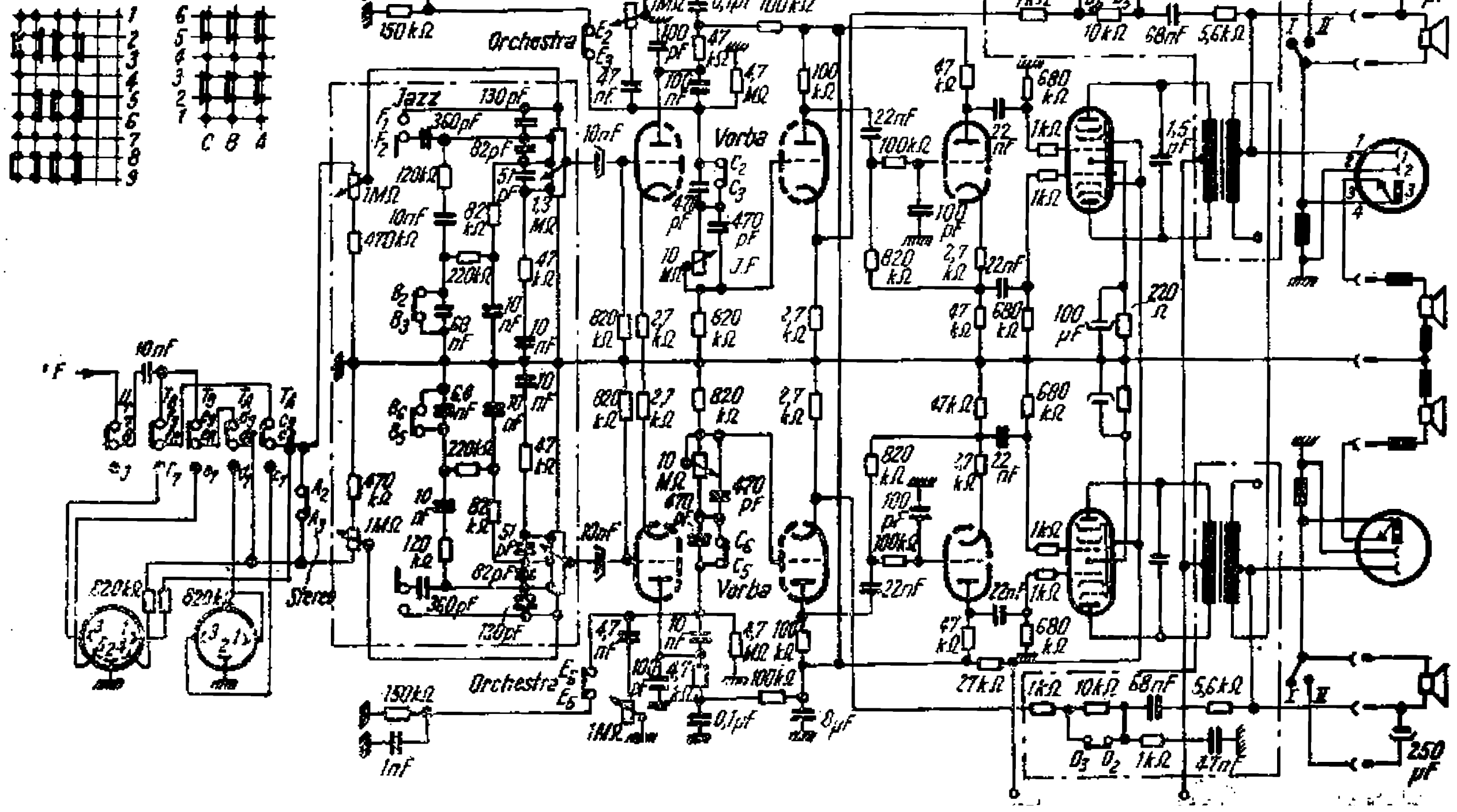
rezistențele R_{14}; R_{19} și R_{12} și introdus în circuitul cdiatoc al tubului T_2.

Montajele prezentate permit reproducerea discurilor sau a benzilor de magnetofon, dînd o audiție stereofonică satisfăcătoare, atît timp cît nu sînt depășite puterile nominale indicate în caracteristicile tehnice ale fiecărui montaj.

Scheme de amplificatoare de putere folosite în radioreceptoarele stereofonice. Foarte multe dintre radioreceptoarele stereofonice conțin numai partea de joasă frecvență cu dublu canal pentru redarea discurilor și a benzilor de magnetofon stereofonice. După cum s-a mai arătat, unele dintre ele folosesc tuburi duble, special confecționate în ultima vreme pentru etajele de putere din radioreceptoarele stereofonice.

În fig. IV. 29 este reprezentată partea de joasă frecvență a unui receptor realizat cu dublă pentodă ELL80; acest tub, care funcționează în contratimp în clasa AB, poate produce o putere electrică de 8,5 W. În ambele canale va fi deci o putere dublă, adică 17 W. Montajul funcționează pe două canale separate putînd distribui un program unic prin legarea în paralel, cu ajutorul contactelor A_2A_3, a circuitelor de intrare. Amplificatorul construit cu tuburile ECC83, ECC82 și ELL80, pentru fiecare canal, conține corecții în caracteristica de frecvență a amplificării necesare audițiilor de muzică ușoară, orchestră etc., existînd posibilitatea relevării frecvențelor joase, și înalte pentru a accentua unele reproduceri muzicale. Astfel, în circuitul de intrare al primului tub există cîte o rețea corectoare care este utilizată pentru reproducerea muzicii ușoare și pentru relevarea frecîvențelor joase. n circuitul de intrare al celui de-al doilea tub ECC83 sînt corecții obișnuite pentru reglajul frecvențelor înalte și joase, precum și o corecție destinată reproducerilor programelor de orchestră. Tot în circuitul acestui tub se află o reacție negativă selectivă, adusă de la transformatorul de ieșire și aplicată pe catodul unei jumătăți a tubului ECC83. Inversorul de fază, realizat în mod obișnuit cu o jumătate a tubului ECC82 este conectat la tubul final ELL80. La ieșire, amplificatorului de putere i se pot conecta în plus două difuzoare, fiecare pentru un canal, care reproduce frecvențele joase. Se mai pot conecta difuzoare suplimentare și prin bucșe exterioare. Receptoarele astfel construite asigură o redare destul de bună.

ECC 83 ECC 83 ECC 82 ELL 80



Un alt receptor, reprezentat în fig. IV.30, are, pe lîngă un canal principal monofonic, un amplificator pentru al doilea canal stereofonic, format din tuburile EF86 (T_9) și EL83 (T_{10}). El este alimentat separat, de la o celulă de redresare. Difuzorul pentru acest amplificator se conectează prin bucșa de ieșire în etajul de putere.

Reglajul nivelului se face cu un potențiometru de 1 M Ω, montat între anodul preamplificator EF86 și grila tubului final EL84.

Condensatorul de 250 pF, montat între cursor și un punct al potențiometrului, lasă să treacă semnalele de frecvențe înalte. Celelalte corecții reduc frecvențele joase (vorbă) sau ridică frecvențele înalte (solist).

Este de remarcat că între doza de reprodus discuri și intrarea fiecărui amplificator de joasă frecvență este un filtru trece-sus care înlătură zgomotele de foarte joasă frecvență produse prin trepidațiile sistemului mobil al dozei. Celelalte corecții sînt asemănătoare cu cele din montajul precedent. La ieșirea amplificatorului, există un sistem de difuzoare. Acestea sînt: un difuzor permanent dinamic oval de dimensiunile 320 × 210 mm cu o inducție în întrefier de 9 000 Gs, un difuzor permanent dinamic oval de dimensiunile 210 × 150 mm, de asemenea cu o inducție de 9 000 Gs, și două difuzoare permanent dinamice de 100 mm, cu o inducție de 5 000 Gs. Etajul format din ECC82 și 2 × EL 84 asigură o putere de 10 — 12 W, cu un coeficient de distorsiuni de 5%. Cu o putere de 3 W, se asigură o reproducere cu un coeficient de distorsiuni armonice mai mic de 2%. Amplificatorul permite de asemenea redarea unor programe monofonice.

b. *Incinte*

Obținerea unui efect stereofonic bun depinde de caracteristicile dispozitivelor de ascultare și de dispunerea lor în cameră. Fiecare canal trebuie să asigure separat o audiție de calitate.

Amplificatoarele au fost descrise în paragrafele precedente, astfel încît aici se vor trata pe scurt incintele, difuzoarele și filtrele.

Elementul de bază este difuzorul şi se poate găsi în diverse situaţii de montaj, cum ar fi:

— montat într-o incintă deschisă;
— montat într-o incintă închisă;
— montat într-o incintă cu inversor la bază;
— montat într-un labirint acustic.

Scopul montării difuzoarelor cu radiaţie directă în incinte este eliminarea interferenţei între unda radiată din faţă şi cea din spate, precum şi amortizarea frecvenţei de rezonanţă a difuzorului, pentru a avea o redare cît mai uniformă în domeniul frecvenţelor joase. Bineînţeles, funcţionarea difuzoarelor în condiţiile menţionate nu este întotdeauna cea mai bună şi de fiecare dată sînt introduse noi metode pentru obţinerea unor rezultate satisfăcătoare.

Calitatea unui dispozitiv de ascultare depinde de următorii factori:

Caracteristica de frecvenţe a presiunii sonore. Excitînd dispozitivul de ascultare cu un semnal sinusoidal de amplitudine constantă, fluctuaţiile de presiune sonoră în banda de frecvenţă cuprinsă între 40 şi 15 kHz nu trebuie să depăşească valoarea de ± 5 dB faţă de valoarea medie a presiunii în banda de frecvenţe între 250 Hz şi 6,3 kHz. Caracteristica de frecvenţă se măsoară în aer liber sau în camere special amenajate, avînd o absorbţie a sunetului foarte mare (camere anecoide).

Distorsiunile neliniare. Dispozitivul alimentat de un semnal sinusoidal cu o valoare corespunzătoare a nivelului maxim de intensitate sonoră (90 dB) nu trebuie să aibă într-un cîmp acustic liber distorsiuni armonice mai mari de 3% în banda de frecvenţe între 40 şi 250 Hz şi 1% în banda de frecvenţe între 250 Hz şi 8 kHz şi nici subarmonice audibile în banda de frecvenţe între 40 şi 15 000 Hz.

Caracteristica de directivitate. Atenuarea presiunii sonore în jurul dispozitivului de ascultare, în raport cu cea determinată din caracteristica de frecvenţă, nu trebuie să depăşească valoarea de 10 dB pentru următoarele frecvenţe şi unghiuri de radiaţie: 100°, pînă la 5 kHz; 90°, pînă la 10 kHz; 80°, pînă la 15 kHz.

Fenomene tranzitorii. Decrementul logaritmic al amortizării fenomenelor tranzitorii la frecvenţa de rezonanţă a difuzorului sau a dispozitivului de ascultare, cît şi undele staţionare trebuie să aibă valoarea:

$$\Delta \geqslant \pi.$$

Această valoare este foarte importantă în reproducerile de bună calitate. În general, semnalele electrice ale programelor muzicale au forme foarte diferite şi din această cauză fenomenul tranzitoriu în circuitele electrice şi de reproducere este foarte accentuat.

În cele ce urmează sînt descrise cîteva construcţii de dispozitive de ascultare folosite curent în tehnica reproducerilor stereofonice.

Astfel, s-au construit dispozitive de ascultare cu incinta sub forma unei coloane, la capătul căreia se fixează difuzorul. Dispersia frecvenţelor înalte se face cu un con montat deasupra difuzorului (fig. IV.31, *a*). Forma coloanei este

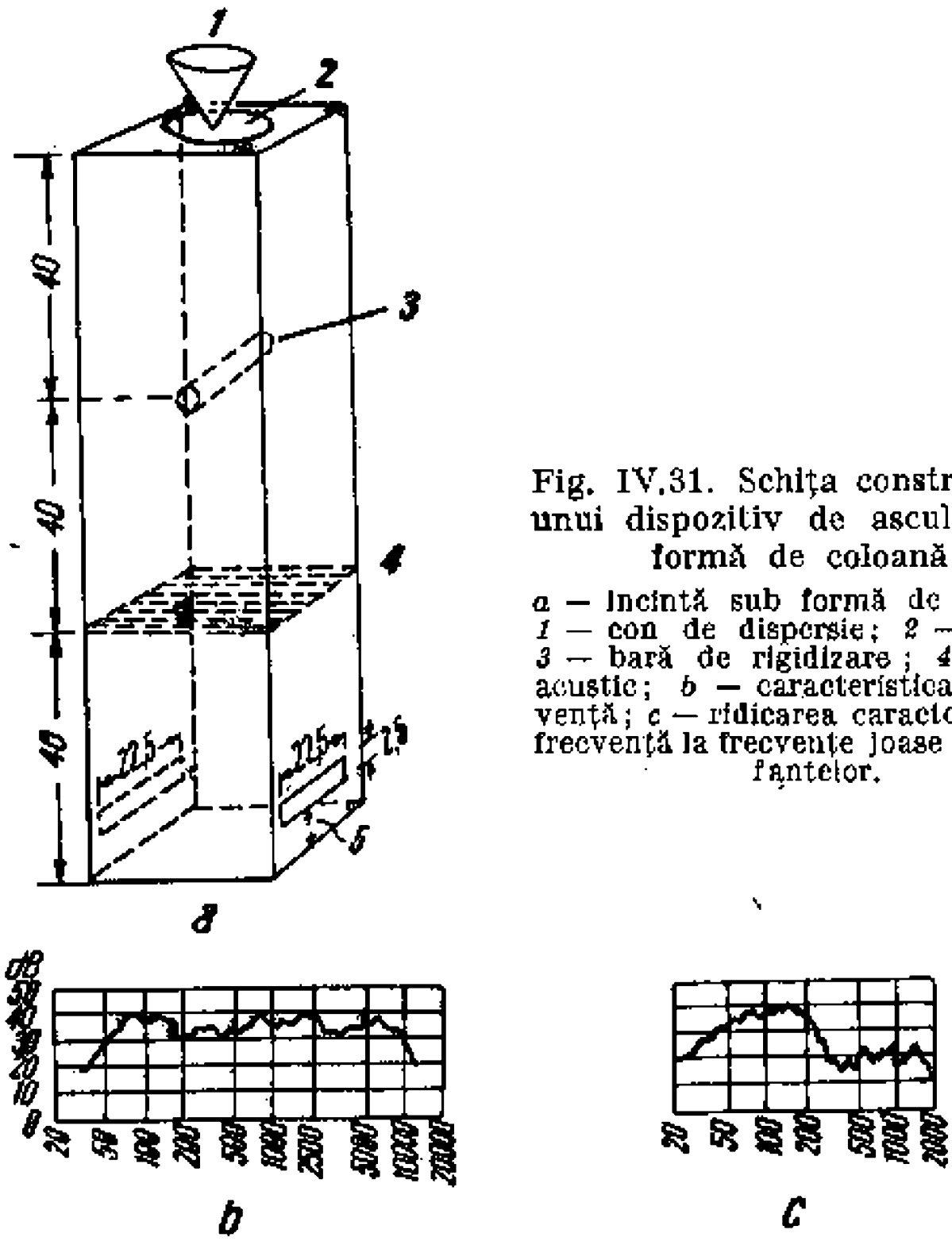


Fig. IV.31. Schiţa constructivă a unui dispozitiv de ascultare sub formă de coloană:

a — incintă sub formă de coloană; *1* — con de dispersie; *2* — difuzor; *3* — bară de rigidizare; *4* — filtru acustic; *b* — caracteristica de frecvenţă; *c* — ridicarea caracteristicii de frecvenţă la frecvenţe joase în dreptul fantelor.

prizmatică, iar grosimea materialului din care este confecţionată, de 15—20 mm. În regiunea inferioară, incinta are două deschideri de 22,5 cm lungime şi 2,5 cm lăţime.

Ele se află la o înălțime deasupra solului de cîțiva centimetri. Incinta mai conține și un filtru acustic situat la o treime din înălțimea coloanei. El este confecționat din placaj de 12 mm grosime, fixat de pereții acesteia. Filtrul este format din 7 fante de 22,5 cm lungime și de 1,5—2 mm lărgime.

Distanța dintre aceste fante este de 4 cm. Pentru înlăturarea vibrațiilor parazite, precum și pentru rigidizarea cutiei, se pune o bară de rigidizare cu diametrul de 25 mm. Conul de dispersie a sunetelor are diametrul bazei de 10 cm, avînd un unghi la vîrf cuprins între 60 și 90°.

Difuzorul montat în incinta descrisă are diametrul de 21 cm, frecvența de rezonanță este mică (în orice caz mai mică de 65 Hz) și asigură o reproducere de calitate în special la frecvențe înalte. Pentru evitarea undelor staționare, partea de sus a cutiei se tratează cu material absorbant (vată de sticlă, vată de zgură etc.), avînd o grosime de 2,5 cm. În cazul utilizării unor difuzoare cu alte diametre, se va face o adaptare a părții superioare a coloanei prin folosirea unei plăci decupate corespunzător.

Caracteristica de frecvență din fig. IV.31 arată că rezultatele obținute cu această incintă sînt destul de bune. Măsurările s-au făcut în aer liber la o distanță de 1 m de coloană (fig. IV.31, *b*). În dreptul fantelor caracteristica de frecvență prezintă îndică o ridicare la frecvențe joase (fig. IV.31, *c*). În cazul cînd lipsesc frecvențele înalte, se poate monta în partea superioară a cutiei un mic difuzor, cu redare bună la aceste frecvențe înalte, plasat pe aceeași axă verticală cu difuzorul principal.

Coloana descrisă prezintă avantajul că ocupă loc puțin în încăpere, este ușor de executat și are calități electroacustice destul de bune. Materialele utilizate pentru construcția acesteia sînt ușor de găsit (placaj, cărămidă, carton moale etc.). Unele neajunsuri funcționale sînt mai puțin importante decît avantajele care au fost arătate mai înainte. Faptul că difuzorul funcționează într-o poziție verticală are și avantajul că centrajul conului se menține mult timp. Un neajuns este acela că, datorită greutății sale, conul își modifică în acest caz poziția normală de lucru, acest fapt putînd da naștere la distorsiuni neliniare mai mari.

Pentru audițiile de calitate, se pune un accent deosebit la construcția dispozitivelor de ascultare, mai ales în ceea

ce privește realizarea unei caracteristici de radiație convenabile. Dispozitivul trebuie să facă posibilă aprecierea calitativă a unei înregistrări, de aceea trebuie ca reproducerea să se apropie cît mai mult de realitate. Acest lucru se referă mai ales la caracteristica de frecvență, la distorsiunile neliniare și la regimul tranzitoriu. Pînă nu demult, s-a considerat că un difuzor care radiază sferic creînd impresia unei surse sonore amplasate într-o încăpere de volum mare este ideal. În acest caz însă lipsește acea proprietate denumită de specialiști „prezența sonoră". Astăzi, se cere de la un asemenea dispozitiv o radiație directivă. Acest lucrù dă „o prezență mărită" și determină o independență față de condițiile de amplasare. Bineînțeles, necesitatea „prezenței" depinde de felul producției. Pentru un solist este necesară o mai mare prezență a acestuia în reproducerea sonoră, pentru o orchestră, o redare cît mai spațială a ei (uneori și pentru orchestră se cere o prezență mai mare, pentru a putea stabili cu o precizie mai mare locul instrumentelor).

Un dispozitiv care asigură o înaltă calitate a audiției este cel prezentat în continuare. Acesta reproduce sunetele în gama de frecvențe cuprinsă între 40 Hz și 16 kHz, cu ajutorul unui grup de difuzoare pentru frecvențe joase (două difuzoare) și al unui grup pentru redarea frecvențelor medii și înalte, separate acustic prin filtre electrice, pentru a se evita distorsiunile de intermodulație. În partea superioară a dispozitivului sînt amplasate difuzoare pentru reproducerea frecvențelor înalte și medii, dispuse pe un arc de cerc, radiind direct sunetul în mediul în care se află și ascultătorul. Alte opt difuzoare sînt orientate în sus și lateral, destinate pentru crearea unui cîmp sonor difuz. Frecvența de separație este de 300 Hz.

Printr-o repartizare a puterii electrice pe diferite grupuri de difuzoare, se creează o prezență și o difuzitate a sunetului mare. Acest lucru este util pentru a crea condiții corespunzătoare diferitelor producții sonore.

Volumul din incintă destinat difuzoarelor de joasă frecvență este de aproximativ 250 dm^3. Difuzoarele au un diametru de 30 cm, cu o inducție în întrefier de 10 000 Gs. Pe fiecare parte a cutiei se află cîte un orificiu, puternic amortizat cu material poros. Din această cauză, la frecvențele joase difuzorul are o caracteristică de directivitate în formă de cardioidă, cu un raport spate-față de 10—12 dB. Cutia este căptușită în interior cu material absorbant, vată de

sticlă de 3 cm grosime, evitîndu-se astfel undele staționare. Amortizarea difuzorului la frecvența de rezonanță este foarte bună. Introducîndu-se difuzorului și o amortizare mecanică puternică, timpul de stabilire a unei oscilații este mai mic de 5 ms.

Sistemul de înaltă frecvență creează o caracteristică de frecvență în domeniul de frecvențe arătate cu abateri care sînt de ordinul a ± 2 dB. Cele două rînduri de difuzoare pentru frecvențele medii și înalte sînt decalate între ele cu mărimea unui difuzor (decalajul pe orizontală fiind 13°, iar pe verticală, de 10°). Într-un unghi solid de 90° nu există, practic, variații ale presiunii sonore. Difuzoarele pentru frecvențe înalte au un diametru de 10 cm și o inducție magnetică în întrefier de 10 000 Gs. Ca o particularitate, trebuie remarcată existența unui inel de cupru pe miezul magnetic, prin care se obține o redare mai bună la frecvențele înalte, un timp de stabilire și de stingere a oscilațiilor mai mic. Alte particularități care se observă sînt următoarele: pe membrană sînt aplicați 3 segmenți de material plastic care împiedică membrana să aibă oscilații transversale, reducînd astfel distorsiunile neliniare și rezonante în caracteristica de frecvență. Partea din spate a fiecărui difuzor este acoperită cu material plastic, împiedicînd pătrunderea prafului. Între 2—3 kHz este necesară o corecție electrică realizată în amplificator.

Pentru sunetul difuz, două dintre difuzoare radiază lateral, iar restul de difuzoare radiază vertical.

Bobina de șoc cu prize, pusă în circuitul difuzoarelor pentru sunetul difuz, are ca efect producerea unei atenuări pînă la 9 dB la frecvența de 10 kHz. Acest lucru este necesar, deoarece urechea prezintă în cîmp difuz o sensibilitate mai mare în domeniul frecvențelor înalte. Puterea maximă a agregatului este de 25 VA, putîndu-se crea la distanța de 2,5 m un nivel maxim de 98 de dB. În fig. IV.32 este reprezentat montajul electric al difuzoarelor și caracteristica de directivitate.

În stereofonie se folosesc și difuzoare electrostatice, avînd caracteristici electroacustice dintre cele mai bune. Tipul utilizat este cel simetric, care reduce simțitor distorsiunile. Tensiunile de polarizare, a plăcilor (în curent continuu) sînt de ordinul 5—7 kV pentru celulele care reproduc frecvențele joase și 1—2 kV pentru celulele de frecvențe medii și înalte. Printr-o judicioasă repartizare a acestor celule

se obține o bună redare în domeniul de frecvențe cuprinse între 50 și 20 000 Hz. Caracteristica de radiație este de asemenea foarte bună, radiind în plan orizontal sub un unghi de 140°, fără abateri prea mari ale nivelului presiunii sonore la frecvențele înalte.

La dispozitivele de ascultare moderne se utilizează filtrele de separație, care au rolul de a micșora distorsiunile de intermodulație și de a accentua, prin distribuirea puterii electrice, sunetele de diferite frecvențe. Astfel, sînt întrebuințate filtre care au o atenuare cu 6 dB pe octavă, așa cum se văd în fig. IV.20, *a* și *b*, cu 10 dB pe octavă, ca în

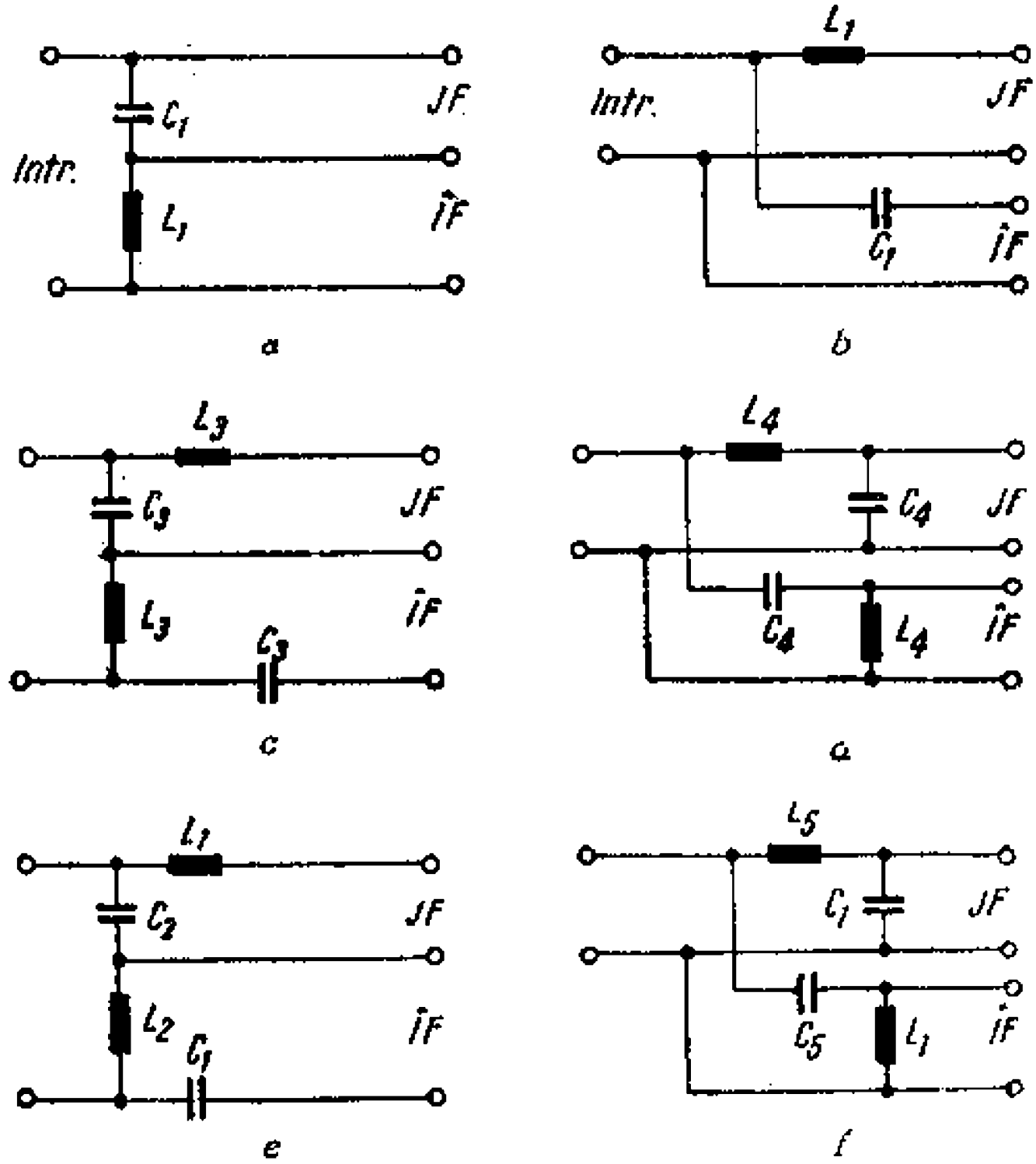


Fig. IV.33. Schema electrică a filtrelor de separație pentru alimentarea difuzoarelor.

fig. IV.33, *c* și *d*, și 12 dB pe octavă, ca în fig. IV.33, *e* și *f*. Montajele ca în fig. IV.33, *c* și *d* sînt dintre cele mai preferate și sînt suficiente pentru înlăturarea distorsiunilor de intermodulație.

În tabela IV.1 sînt date valorile capacităţilor şi inductanţelor folosite în filtrele de separaţie.

Capacităţi şi inductanţe folosite în filtrele de separaţie

Tabela IV.1

Inductanţe, mH					Capacităţi, μF				
L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
2,4	1,5	1,7	3,4	3,85	10,6	17	15	7,5	6,6

Frecvenţa de separare este de 1 000 Hz pentru difuzoarele cu impedanţa de 15 Ω. Dacă impedanţa difuzorului scade la jumătate, atunci se multiplică valoarea capacităţii cu doi, iar valoarea inductanţei se împarte la doi.

Varietatea soluţiilor constructive pentru dispozitivele de ascultare este mare, proiectanţii acestor dispozitive urmărind obţinerea unor audiţii de înaltă calitate, adaptarea acestora la condiţiile acustice ale încăperii, folosirea unor materiale uşor de procurat etc.

3. Radiodifuzarea programelor stereofonice

a. *Radioemisia programelor stereofonice*

În capitolele precedente s-a arătat că stereofonia îşi propune să mărească calitatea artistică a audiţiei, permiţînd localizarea surselor de sunet în spaţiu, ceea ce înseamnă obţinerea unei umagini sonore mai complete şi mai precise. Avîndu-se în vedere superioritatea sistemelor stereofonice, după introducerea discurilor stereofonice, s-a pus problema aplicării acestor sisteme şi în radiodifuzarea programelor muzicale şi vorbite.

Problema emisiei stereofonice constă în trimiterea din studioul de radiodifuziune în radioreceptorul ascultătorului a unor semnale electrice corespunzătoare celor două componente stereofonice.

Primele propuneri de rezolvare a radiodifuzării programelor stereofonice au constat în utilizarea a două emiţătoare, ceea ce însemna folosirea unui emiţător pentru

fiecare semnal stereofonic. Deşi, teoretic, această soluţie ar corespunde în cea mai mare măsură, practic, ea nu-şi găseşte aplicabilitatea, deoarece prezintă următoarele inconveniente :

— s-ar imobiliza două radioemiţătoare pentru acelaşi program, cu folosirea a două frecvenţe distincte, ceea ce ar însemna ocuparea unei benzi duble în spectrul de frecvenţe radio;

— cele două emiţătoare ar trebui să prezinte caracteristici tehnice identice, creînd astfel anumite greutăţi suplimentare în realizarea practică;

— ascultătorii ar fi nevoiţi să-şi procure un număr dublu de radioreceptoare asemănătoare ca tip.

Această soluţie este mult mai costisitoare decît dacă s-ar adapta un receptor obişnuit la condiţiile cerute de tehnica stereofonică. Datorită inconvenientelor enunţate, s-a renunţat la utilizarea a două emiţătoare şi s-a adoptat o nouă soluţie, prin care se foloseşte un singur emiţător. O asemenea soluţie trebuie să respecte următoarele condiţii esenţiale :

Să aibă posibilitatea de a separa la recepţie cele două canale în modul cel mai simplu. Realizarea separării canalelor la receptoarele obişnuite se va face cu minimum de elemente adaptabile, în aşa fel încît costul adaptării actualelor radioreceptoare monofonice pentru recepţionarea programelor stereofonice să nu fie prea ridicat.

Să existe o compatibilitate perfectă. Aceasta înseamnă că un receptor monofonic trebuie să permită redarea completă în ceea ce priveşte conţinutul semnalului sonor captat în studio şi, reciproc, un receptor stereofonic să poată reda un semnal monofonic în condiţiile de calitate ale unui receptor obişnuit. Acest lucru este valabil dacă variaţiile caracteristicii de frecvenţă, coeficientul de distorsiuni şi nivelul de zgomot sînt în limitele admisibile.

Să fie posibilă o separare cît mai netă a celor două canale, reducîndu-se cît mai mult diafonia între ele, astfel încît emiţătoarele folosite pentru radiodifuzarea programelor stereofonice să poată fi utilizate uneori şi la transmiterea simultană a două programe diferite.

Să existe o diferenţă cît mai mică din punct de vedere al raportului semnal-zgomot între recepţia unui program monofonic sau stereofonic de către un receptor monofonic, respectiv stereofonic.

Lărgimea de bandă în gama de frecvenţe radio să fie cît mai apropiată de cea a emiţătoarelor monofonice.

Zonele de acoperire obţinute pentru emisiuni monofonice în benzile de frecvenţă date nu trebuie să fie sensibil reduse după adaptarea emiţătoarelor stereofonice.

Radiodifuzarea programelor stereofonice nu trebuie să aducă prejudicii recepţionării altor emisiuni, sau, în cazul cel mai rău, aceste prejudicii să fie minime.

Exploatarea emiţătoarelor stereofonice să fie la fel de sigură ca a emiţătoarelor monofonice.

Dintre condiţiile enumerate s-au rezolvat relativ uşor cele referitoare la compatibilitate şi la adaptarea receptoarelor monofonice ca receptoare stereofonice.

Astfel, în ceea ce priveşte compatibilitatea s-a căutat să se găsească soluţii pentru transmiterea sumei semnalelor X şi Y. În acest caz, dacă nu se rezolvă întru totul transmiterea monofonică de înaltă calitate, există totuşi certitudinea că semnalul recepţionat este corespunzător din punctul de vedere al conţinutului. Într-adevăr, aşa cum s-a arătat pînă acum, suma semnalelor X şi Y este echivalentă cu informaţia dată de un microfon monofonic.

În ceea ce priveşte adaptarea receptoarelor monofonice ca receptoare stereofonice, s-au găsit schemele simplificate, care permit ca transformarea acestor receptoare să nu fie costisitoare.

În principiu, problema radiodifuzării programelor stereofonice prin intermediul unui singur emiţător se poate rezolva prin utilizarea următoarelor două soluţii:

Una, denumită multiplex, cu curenţi purtători, constă în transmiterea a două semnale diferite A şi B; se transmite unul dintre semnale, de exemplu A, după procedeul monofonic, iar celălalt semnal B, este modulat în amplitudine sau în frecvenţă, cu subpurtătoare avînd o o frecvenţă situată în afara benzii de audiofrecvenţă.

Cea de a doua soluţie constă în utilizarea unui comutator rapid care trimite la emiţător fie semnalul A, fie semnalul B. Cele două semnale stereofonice A şi B, care se obţin de la un microfon stereofonic sau un magnetofon stereofonic, modulează în amplitudine o succesiune de impulsuri. Impulsurile astfel modulate de semnalele A şi B sînt trimise pe rînd la emiţătorul radio.

În fig. IV.34 este prezentat primul principiu. Se observă că semnalul A este transmis nemodificat, pe cînd semnalul B este decalat în gama de frecvenţe prin intermediul subpurtătoarei C.

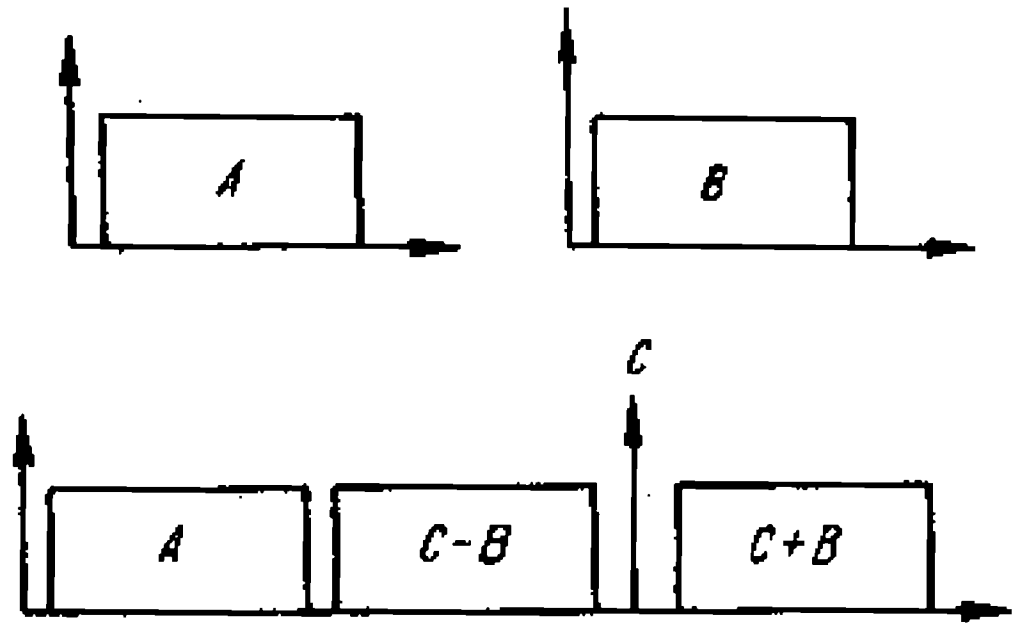


Fig. IV.34. Sistemul multiplex prin cureńţi purtători.

În fig. IV.35 este ilustrat principiul celei de-a doua metode. În fig. IV.35, *a* sînt reprezentate impulsurile, în fig. IV.35, *b* şi *c*, impulsurile modulate de A şi B, iar în fig. IV. 35, *d*, situaţia după trecerea printr-un filtru trece-jos, în care semnalul rezultant este reprezentat sub forma unei sinusoide, ale cărei amplitudini sînt limitate de A, respectiv B.

Fiecare dintre cele două sisteme a fost realizat într-o gamă foarte largă de variante. Din cauza acestei diversităţi de posibilităţi tehnice de rezolvare, fiecare cu proprietăţile sale specifice, nu s-a putut normaliza pe scară internaţională un anumit sistem, sau cel puţin o anumită variantă.

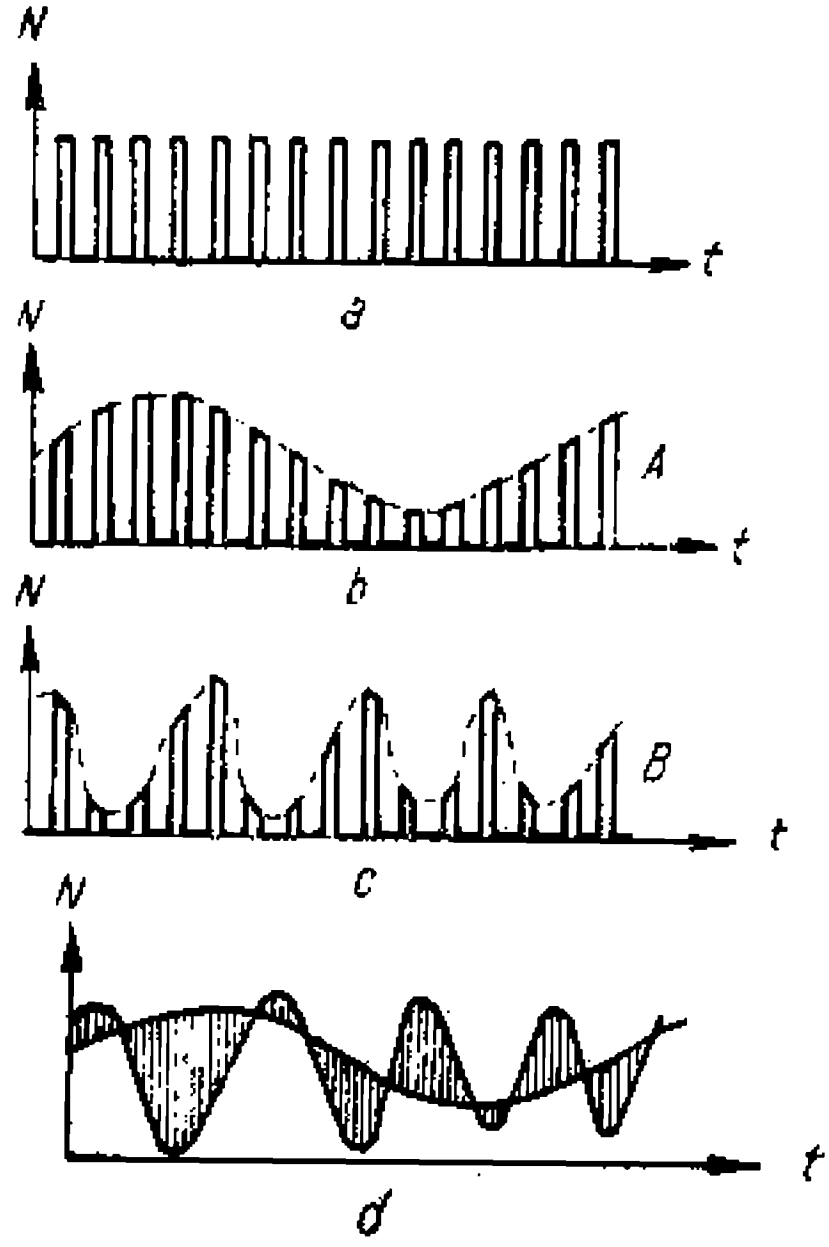


Fig. IV.35. Sistemul multiplex prin impulsuri de amplitudine modulată.

Problema fiind vastă, în cele ce urmează se va face doar o prezentare succintă şi parţială a variantelor celor două sisteme.

Sistemul multiplex cu curenţi purtători. O variantă a acestui sistem este aceea care permite transmiterea la radioemiţător a semnalelor M şi S (astfel încît sistemul să asigure compatibilitate), după ce în prealabil semnalul S a modulat în frecvenţă o subpurtătoare de 50 kHz. În receptor, cele două semnale sînt separate, semnalul S urmînd a fi trecut în prealabil şi printr-un discriminator, astfel încît să fie posibilă transformarea celor două semnale în informaţii X şi Y după cunoscutele formule:

$$X = \frac{M + S}{2} \quad \text{şi} \quad Y = \frac{M - S}{2}.$$

Datele tehnice ale acestei variante sînt următoarele:

1. Banda de frecvenţă joasă transmisă:
— pentru semnalul M: 20 Hz — 18 kHz;
— pentru semnalul S: 20 Hz—15 kHz.
2. Factorul de distorsiune:
— pentru semnalul M: $\delta \leqslant 3\%$;
— pentru semnalul S: $\delta \leqslant 1\%$ (pentru $f < 10$ kHz).
3. Frecvenţa purtătoare pentru semnalul S: 50 kHz.
4. Atenuarea de diafonie între semnalele X şi Y: 25 dB.

O altă variantă propune ca o subpurtătoare de 50 kHz să fie modulată în amplitudine de semnalul S, în timp ce semnalul M este transmis direct. Cele două semnale M şi S modulează, la rîndul lor, în frecvenţă un emiţător. Procedeul acesta asigură o diafonie de cel puţin 30 dB pentru frecvenţe mai mici decît 10 kHz.

În fig. IV.36 este reprezentată schema-bloc folosită în acest sistem. Se observă că cele două semnale X şi Y se însumează şi se scad. Atît semnalul A, cît şi semnalul B, care modulează (*2*) o subpurtătoare de 50 kHz, se adună din nou şi se aplică emiţătorului. Cele două filtre indicate în schemă (*3*, *5*) nu sînt indispensabile, ele avînd rolul de a elimina eventualele frecvenţe nedorite rezultate din procesul de modulare.

Prin urmare, semnalele M şi S modulează în frecvenţă emiţătorul cu o deviaţie totală de ± 75 kHz pentru profunzimea maximă de modulaţie.

O variantă care are răspîndire mai mare este cea denumită Z-Ge-Co (Zenith General Electric). Varianta permite

transmiterea informaţiilor stereofonice *M* şi *S*. Semnalul *S* modulează în amplitudine o subpurtătoare de 38 kHz. Semnalele care modulează în frecvenţă emiţătorul au o lărgime totală de bandă de 75 kHz constituită astfel:

— de la 50 Hz la 15 kHz este trimis semnalul $M = X + Y$ (în acest fel este asigurată compatibilitatea);

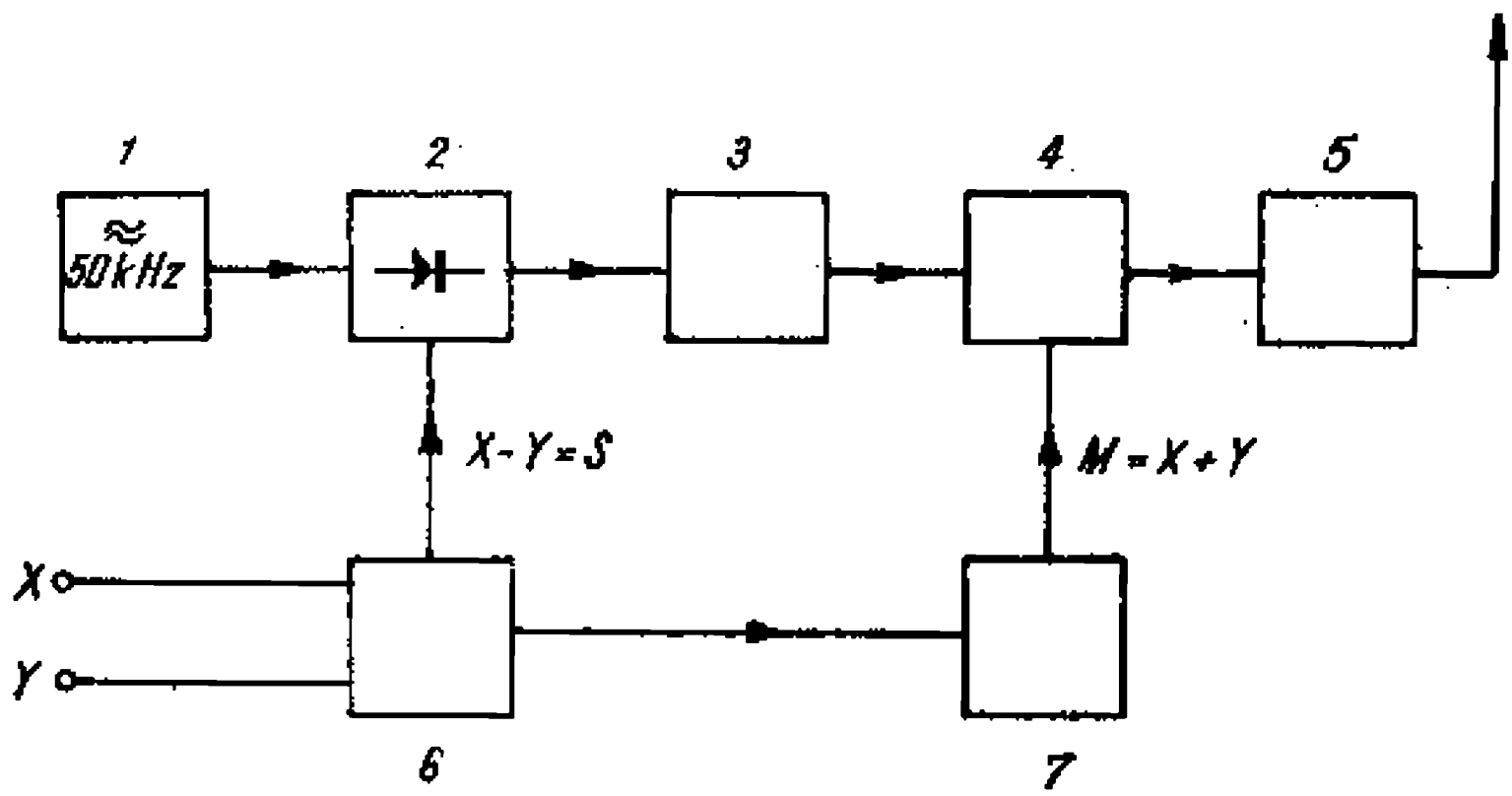


Fig. IV.36. Schema-bloc a unui emiţător stereofonic care foloseşte sistemul multiplex cu curenţi purtători.

— pe frecvenţa de 19 kHz este trimis un semnal de sincronizare;

— între 23 şi 53 kHz sînt situate benzile laterale de frecvenţă rezultate din modularea purtătoarei de 38 kHz;

— între 59 şi 75 kHz este asigurată posibilitatea de difuzare locală a unui alt pogram.

Prin urmare, este prevăzut şi un semnal de 19 kHz pentru sincronizarea generatorului care produce frecvenţa purtătoare de la radioreceptor. După demodulare, semnalul *M* se separă prin filtre. De asemenea, mai este necesar să fie amintită şi posibilitatea de a transmite un al doilea program, de calitate mijlocie, pe o purtătoare de 67 kHz.

Aşadar, în receptor ajung semnalele *M* şi *S*, semnalul pentru sincronizare şi semnalele care aparţin programului de bandă îngustă. În timp ce semnalul *M* nu suferă în receptor nici o transformare, semnalului *S* i se ataşează din nou o purtătoare de 38 kHz, care este sincronizată cu tonul pilot de 19 kHz. Cele două semnale *M* şi *S*, prin intermediul unui circuit de tip special, sînt transformate în semnale

X și Y. Programul de bandă îngustă este demodulat la rîndul său (în cazul cînd receptorul este adaptat pentru acest serviciu).

Datele tehnice ale sistemului Z-Ge-Co sînt următoarele:

- banda de joasă frecvență a celor două canale: 15 kHz;
- factorul de distorsiuni: ...$\delta < 2\%$;
- frecvența purtătoare a semnalului S: ...38 kHz;
- atenuarea de diafonie între canalele X și Y (pentru frecvențe cuprinse între 50 HZ și 10 kHz): ...25 dB.

Sistemul multiplex prin impulsuri, denumit PAM (Puls Amplituden Modulation), are de asemenea o serie de variante.

O variantă a acestui sistem de radiodifuziune a programelor stereofonice asigură transmiterea celor două semnale X și Y produse de către microfonul stereofonic, agregatul de redat discuri sau magnetofonul stereofonic. Aceste semnale sînt transformate în trenuri de impulsuri cu ajutorul a două întrerupătoare. O schemă principială este reprezentată în fig. IV.37.

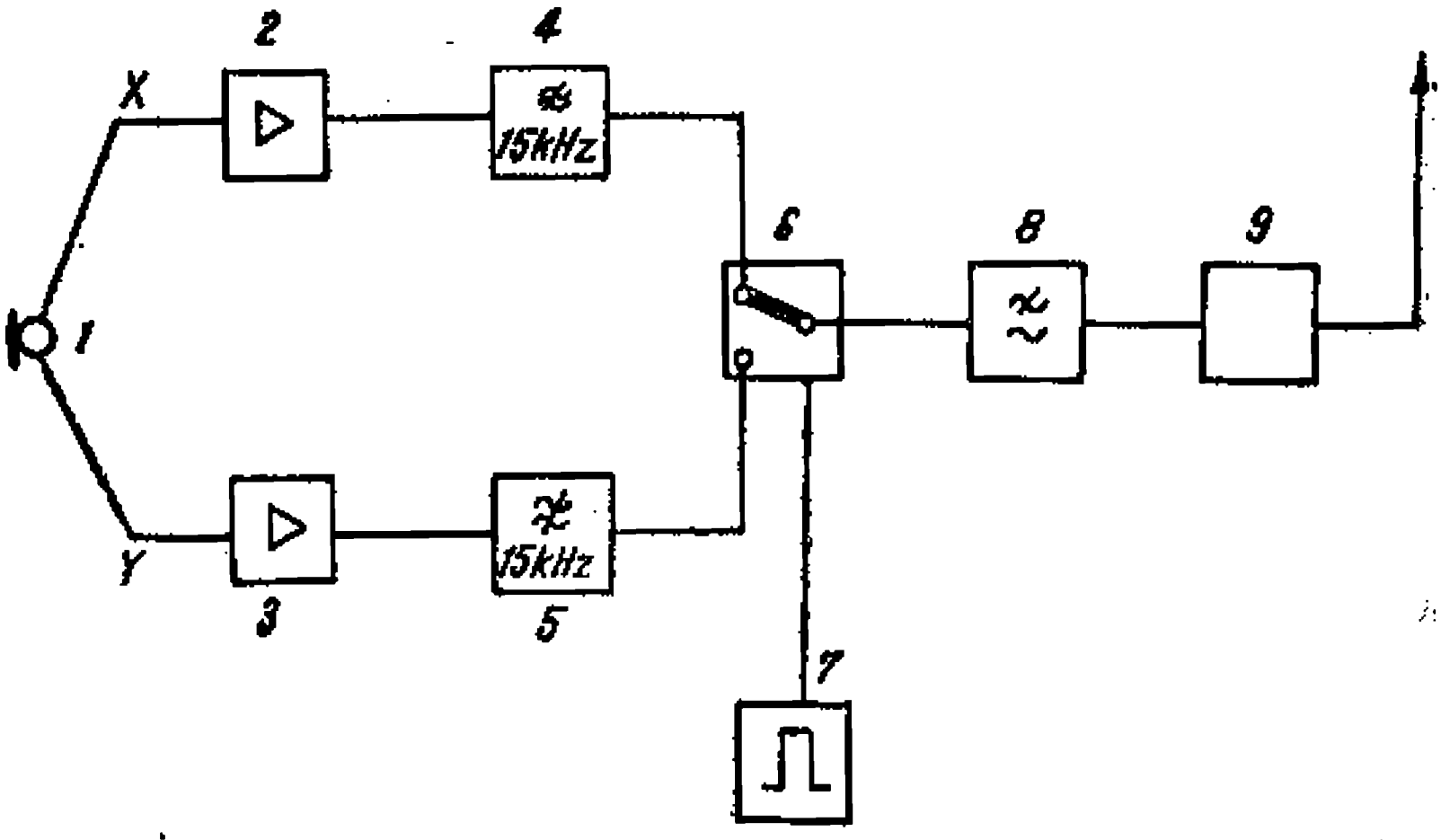


Fig. IV.37. Schema de principiu a unui emițător stereofonic care folosește sistemul PAM.

Cele două comutatoare rapide I_x și I_y (*6*) sînt comandate de un generator de impulsuri (*7*).

Frecvența impulsurilor este de 30 kHz. Ele sînt modulate de semnalele X și Y, în așa fel încît un impuls din două să fie modulat de X, respectiv Y.

După trecerea prin cele două întrerupătoare, semnalele sînt reunite și semnalul obținut este format din impulsuri de durată $\tau = \frac{1}{f}$ (în care $f = 30$ kHz) și de amplitudini X_1, Y_1, X_2, Y_2 etc. Aceste impulsuri sînt trecute prin filtre trece-jos cu o frecvență de tăiere egală cu $f = 30$ kHz, aspectul lor fiind în acest caz ca cel din fig. IV.35. Semnalul compus este trimis la radioemițător, modulîndu-l în frecvență.

Sistemul de modulare cu semiunde reprezintă o variantă a sistemului multiplex prin impulsuri. Aceasta constă din modularea unor impulsuri de formă dreptunghiulară cu semnalele X și Y pe care le produce studioul de radiodifuziune. Astfel, semnalul X va modula în amplitudine impulsuri pozitive, pe cînd Y le va modula pe cele negative. În figura IV.38-*a* sînt reprezentate impulsurile de frecvență 30 kHz și semnalele X și Y.

În fig. IV.38, *b* este reprezentată forma impulsurilor după ce au fost modulate de cele două semnale.

În ceea ce privește repartizarea gamelor de frecvență pentru cele două semnale, aceasta se va face în felul următor : semnalului X i se va aloca banda de frecvență cuprinsă între 0 și 15 kHz, iar lui Y, banda de frecvențe cuprinsă între 20 și 35 kHz.

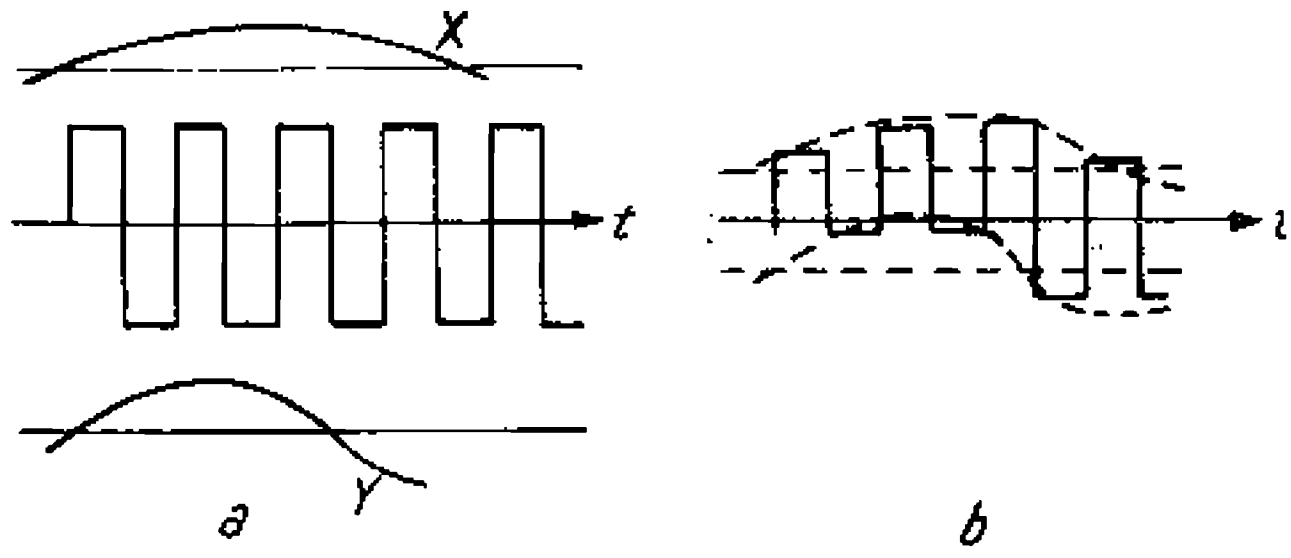


Fig. IV.38. Principiul sistemului cu modulare de semiunde ;
a — impulsurile de frecvență 30 kHz și semnalele X și Y ; *b* — forma impulsurilor modulate de cele două semnale.

O altă variantă a sistemului PAM utilizează ca subpurtătoare semiunde sinusoidale de 32,5 kHz în opoziție de fază, care sînt modulate în amplitudine de X, respectiv de Y (fig. IV.39).

Este necesar de menționat că sistemul este prevăzut și cu impulsuri de sincronizare de frecvență 32,5 kHz.

În afară de cele amintite, mai există și alte sisteme, asemănătoare în principiu fiecare avînd specificul său și caracteristici tehnice care-l deosebesc de celelalte.

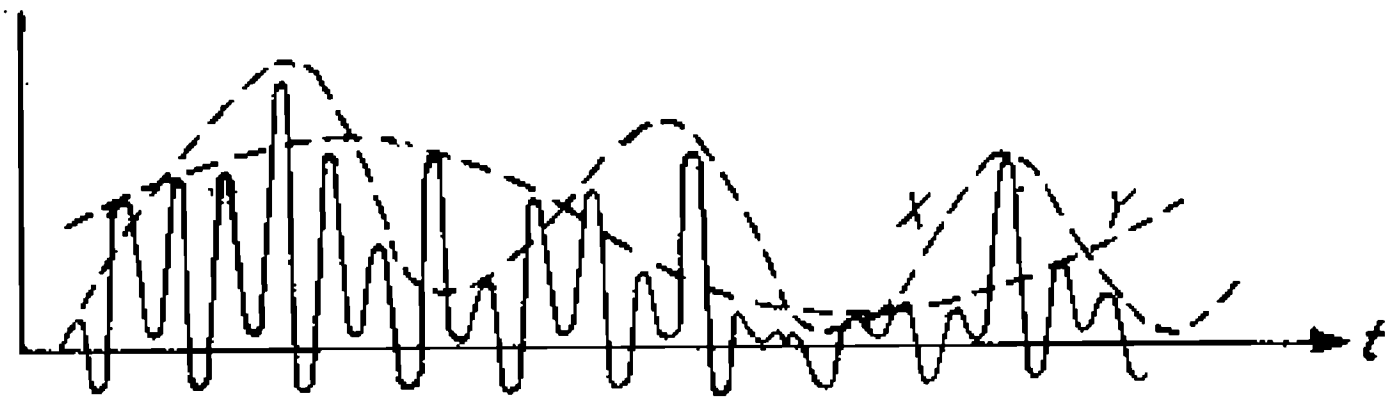


Fig. IV.39. Principiul sistemului PAM cu semiunde.

b. *Radiorecepția programelor stereofonice*

Radiorecepția programelor stereofonice este posibilă în două moduri:

— prin folosirea unor radioreceptoare stereofonice special construite pentru a lucra într-un anumit sistem de emisie;

— prin adaptarea radioreceptoarelor existente, prin adăugarea unor elemente.

Receptoarele destinate exclusiv emisiunilor stereofonice sînt în general costisitoare, mai ales din cauza dublării canalelor de joasă frecvență. Ele oferă o bază de redare cu dimensiuni reduse datorită distanței mici între difuzoarele celor două canale. Din această cauză, perceperea în condiții bune a efectului stereofonic este nesatisfăcătoare. Forma și dimensiunile încăperilor de locuit nu permit întotdeauna o distribuire judicioasă a difuzoarelor sau o așezare convenabilă a radioreceptorului.

La recepția emisiunilor stereofonice bazate pe sistemul multiplex prin curenți purtători, tensiunile de la ieșirea discriminatorului canalului principal și a adaptorului subpurtătoarei sînt aplicate unui sistem de amestec care folosește un inversor de fază, astfel că un canal format dintr-un amplificator și un difuzor primește semnalul:

$$(X+Y)-(X-Y)=2Y,$$

iar celălalt amplificator și difuzor:

$$(X+Y)+(X-Y)=2X.$$

Se observă din schema din fig. IV.40 că programul din canalul principal al emiţătorului este $X+Y=M$, asigurîndu-se astfel condiţia de compatibilitate. Canalul subpurtătoarei nu afectează audiţia monoaurală, deoarece frecvenţa acestuia se află în afara gamei de audiofrecvenţă.

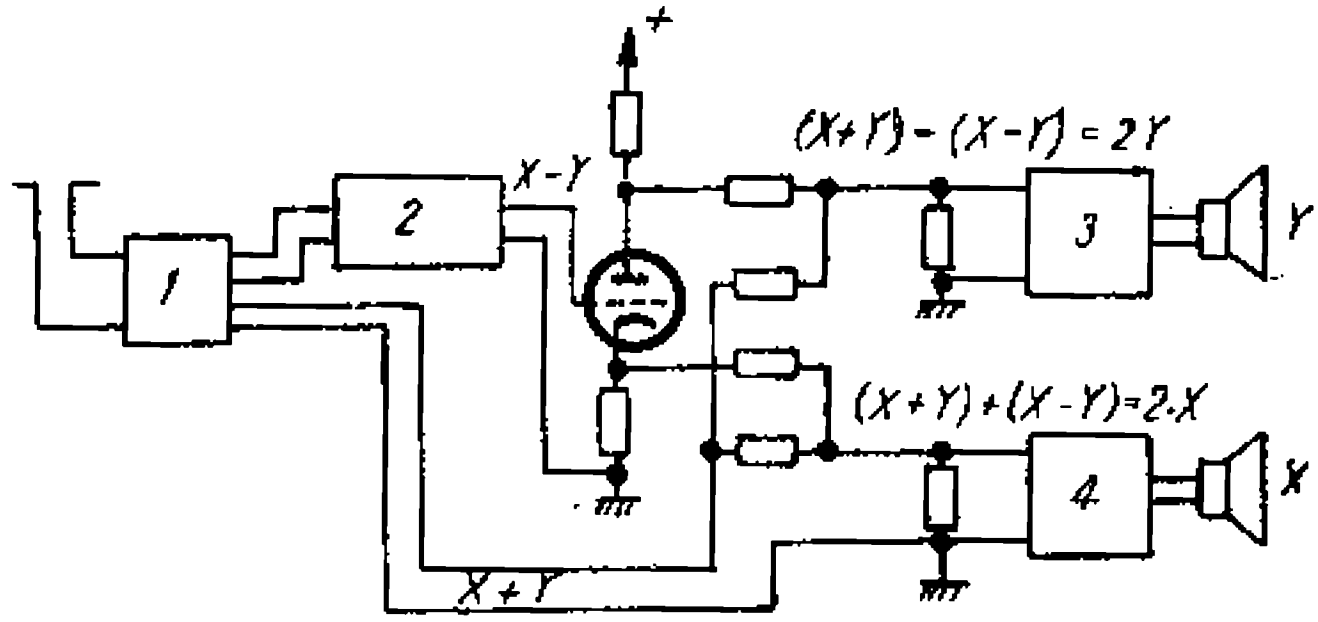


Fig. IV.40. Radioreceptor bazat pe principiul multiplex prin curenţi purtători :

1 — bloc de acord MF; *2* — receptor pentru subpurtătoare; *3, 4* — amplificator de putere.

Semnalul aplicat unui difuzor este format din suma semnalelor din canalul principal şi din cel al subpurtătoarei, ceea ce înseamnă că amplitudinea acestuia este de două ori mai mare decît cea a unui singur canal. În această situaţie, se adună valorile eficace ale semnalelor de zgomot. Deoarece semnalul de zgomot din canalul subpurtătoarei este mare, rezultă că semnalul total de zgomot în ambele canale este aproximativ egal cu cel din canalul subpurtătoarei şi, prin urmare, nivelul de zgomot rezultant este mai mare. Utilizarea sistemului multiplex prin curenţi purtători prezintă unele avantaje în ceea ce priveşte realizarea practică a elementelor de adaptare. Aceste avantaje sînt : schema utilizată este relativ simplă, filtrul cu care este prevăzut trebuie să îndeplinească numai condiţia de a înlătura semnalul corespunzător canalului principal şi de a selecta subpurtătoarea, puterea disponibilă a semnalului de modulaţie pentru subpurtătoare poate fi concentrată într-un singur canal, caracteristica de frecvenţă pentru semnalele audio este cuprinsă între 20 şi 15 kHz.

În fig. IV.41 semnalul *M* este obţinut după demodularea semnalului de frecvenţă intermediară cu tubul EF89 şi diodele RL 232. După filtrarea şi amplificarea corespunzătoare cu tubul ECF80, semnalul *M* este aplicat

unui circuit prin intermediul căruia se obţin suma şi diferenţa semnalelor stereofonice. După heterodinarea cu tubul ECH 81, subpurtătoarea selectată este amplificată în etajele de frecvenţă intermediară şi demodulată; apoi, se aplică aceluiaşi circuit de obţinere a sumei şi diferenţei

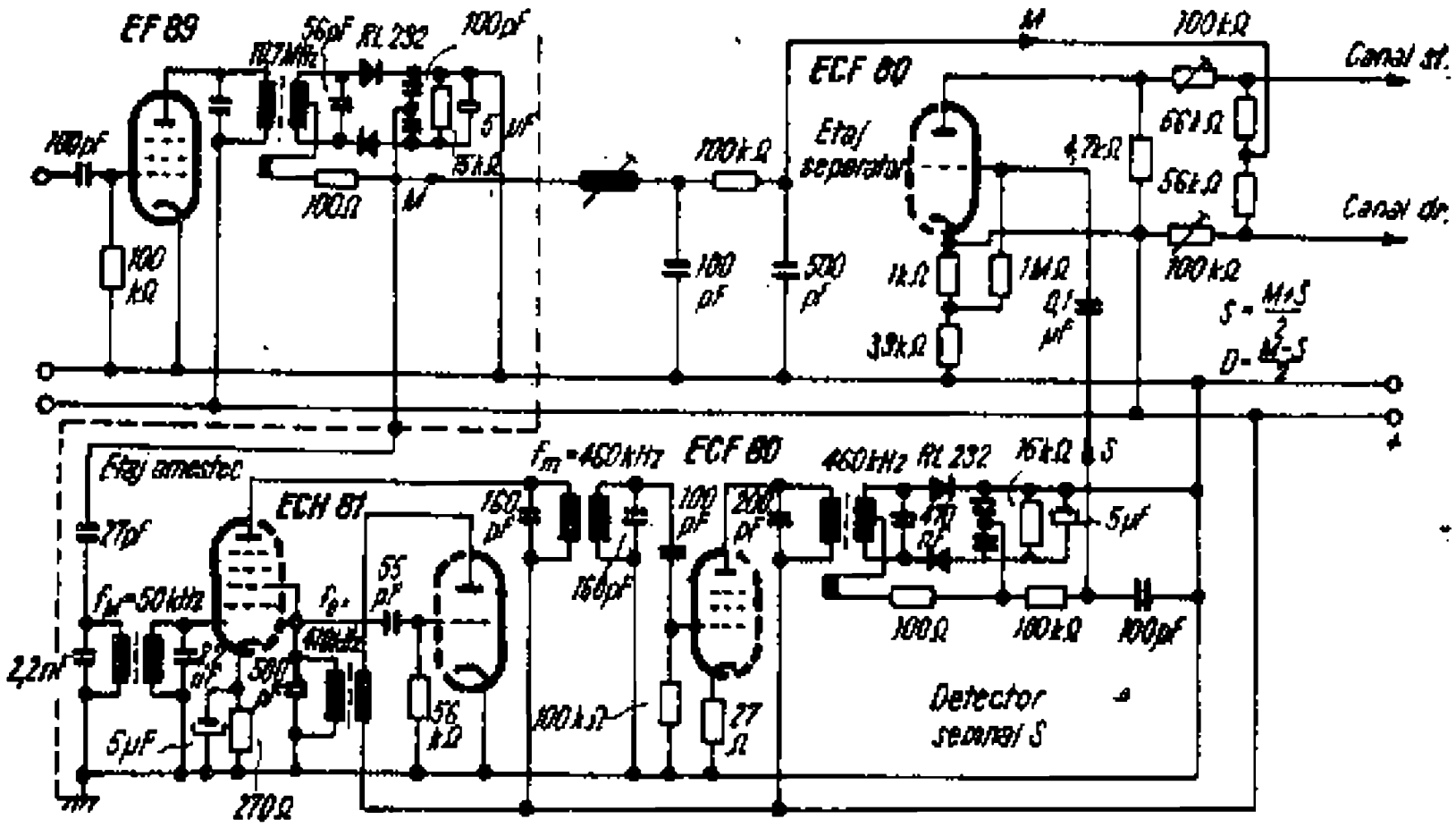


Fig. IV.41. Adaptor la radioreceptor folosind procedeul multiplex prin curenţi purtători.

(semnalul S). La ieşire, se obţin semnale X (stînga) şi semnale Y (dreapta), care se aplică amplificatoarelor de putere şi apoi difuzoarelor.

După metoda de radiorecepţie preconizată de sistemul Zenith-General Electric, s-au realizat o serie de aparate de radiorecepţie şi elemente de adaptare.

În fig. IV.42 este reprezentat un astfel de adaptor stereofonic. Semnalul obţinut de la detectorul pentru semnalele modulate în frecvenţe are următoarele componente:

— semnalul principal $X+Y=M$, cu banda de frecvenţe de la 0 la 15 kHz;

— semnalul ajutător $X-Y=S$, cuprins în banda de frecvenţe de la 23 la 53 kHz, adică pentru o frecvenţă care este multiplul frecvenţei pilot de 19 kHz (2×19 kHz);

— frecvenţe pilot de 19 kHz, necesară pentru punerea în evidenţă a semnalului $X-Y$;

— semnalul suplimentar de 67 kHz, cu program cu caracteristici tehnice de calitate mijlocie.

Aparatul mai cuprinde un filtru trece-bandă cu frecvenţe limită 60 şi 74 kHz, un corector de fază şi demodulatorul; semnalele obţinute la ieşirea acestuia sînt aplicate amplificatoarelor de joasă frecvenţă. Demodulatorul cuprinde două diode cu germaniu KL232. Oscilatorul pentru multiplicarea frecvenţei pilot, precum şi amplificatorul sînt executate cu tranzistoare OC 304.

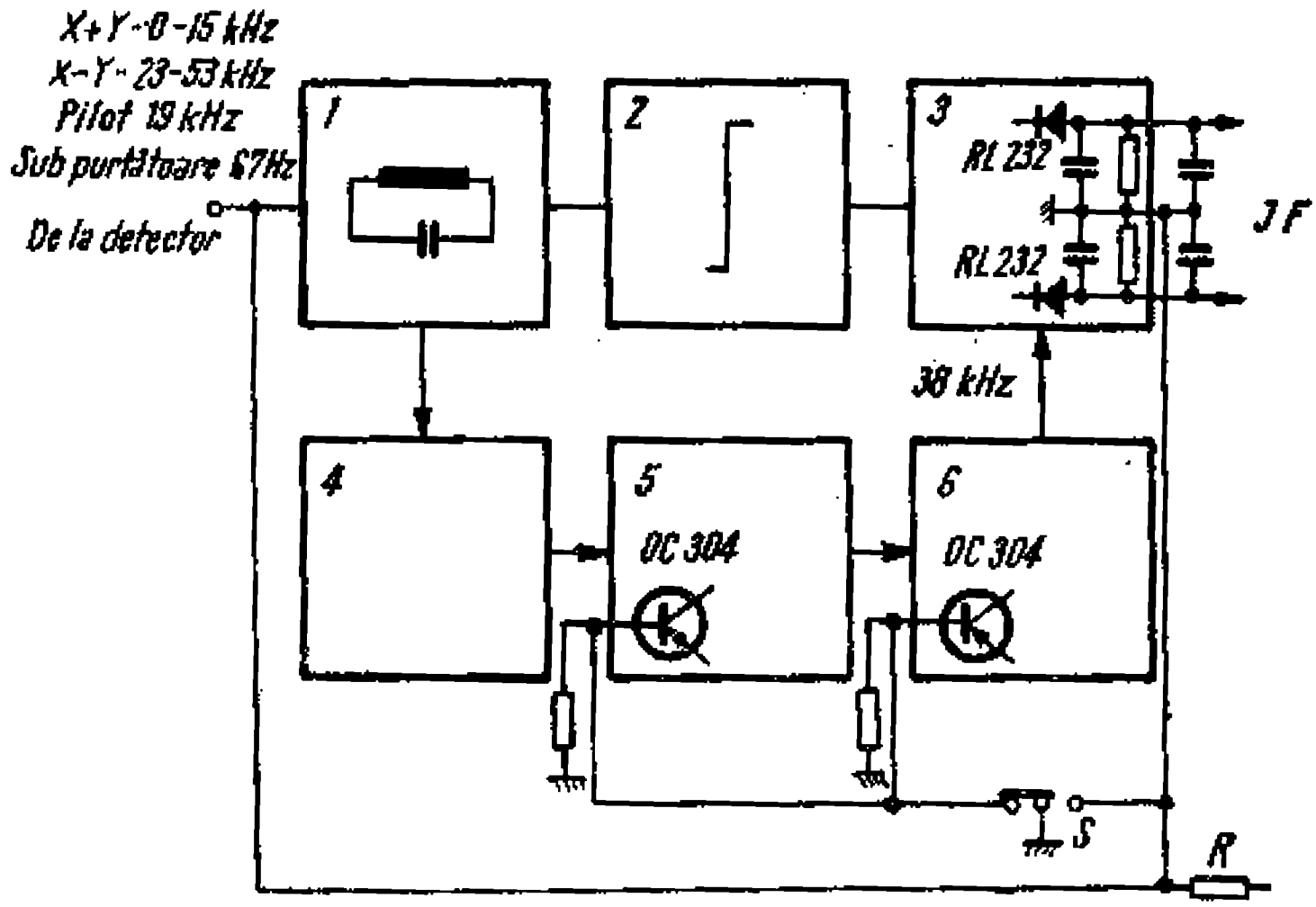


Fig. IV.42. Adaptor stereofonic folosind modulaţia în frecvenţă după norma Z-Ge-Go (schema-bloc) la un radioreceptor obişnuit:

1 — filtru de 60—74 kHz; *2* — corector de fază; *3* — demodulator; *4* — bloc de acord pentru 19 kHz; *5* — amplificator pentru semnalul de 19 kHz; *6* — oscilator şi multiplicator de la 19 la 38 kHz.

Un alt aparat, executat după aceeaşi normă, se compune dintr-un amplificator de frecvenţă intermediară (tubul EF89), un demodulator pentru semnale modulate în frecvenţe cu diodele KL232, de la care se obţine semnalul $A+B=M$, şi semnalul modulat în frecvenţă cu programul de calitate mijlocie. Semnalul cu frecvenţa pilot, după o selectare şi o multiplicare cu tubul ECF80, ajunge la un demodulator, de la care se obţine semnalul S. Semnalul cu frecvenţa de 38 kHz este de asemenea selectat, amplificat şi apoi se aplică aceluiaşi demodulator (fig. IV. 43). Semnalele M şi S ajung la un circuit de însumare şi scădere, prin care se obţin semnalele X (stînga) şi Y (dreapta).

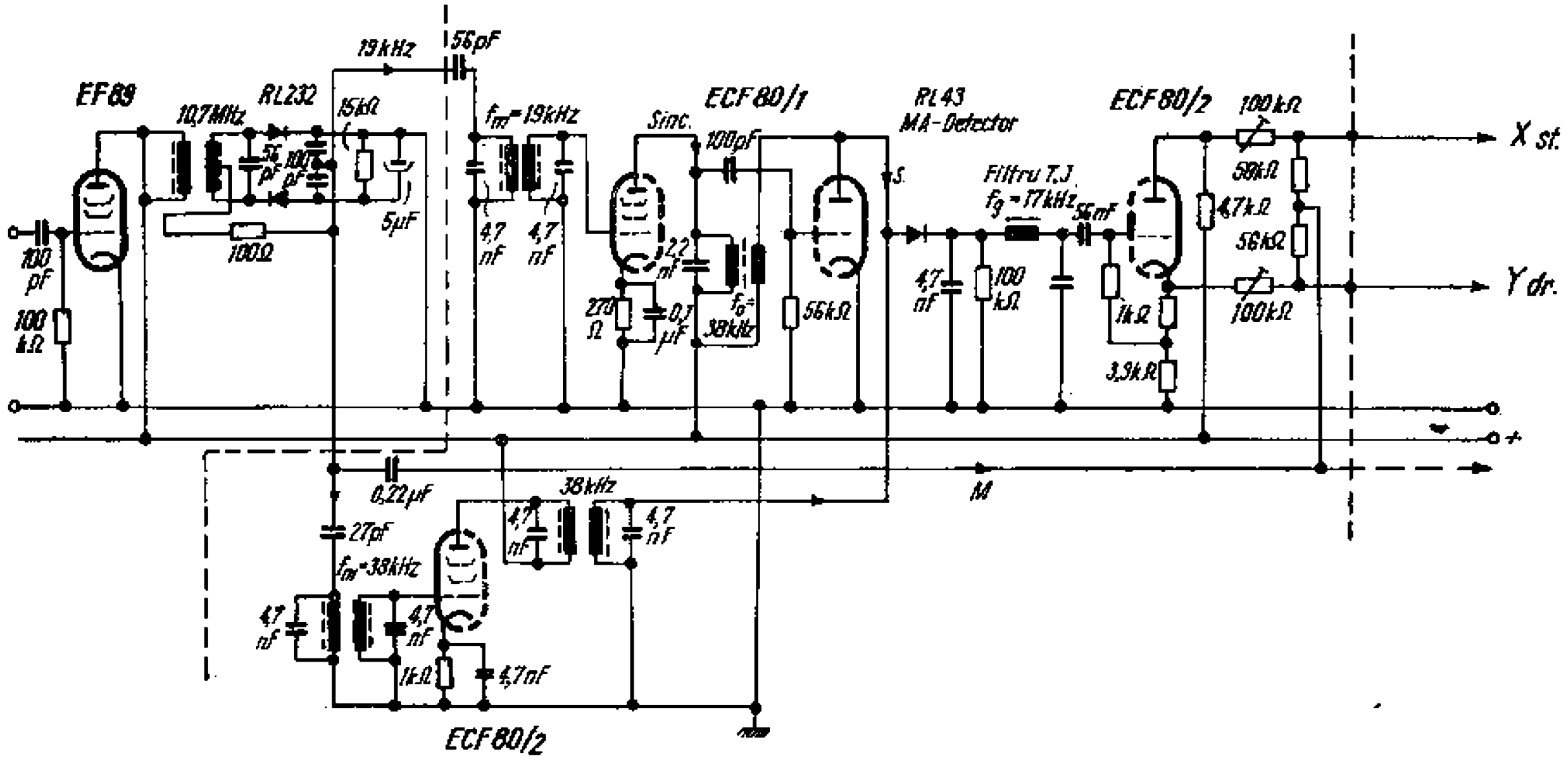


Fig. IV.43. Adaptor stereofonic după procedeul Z-Ge-Co.

Recepţia semnalelor după sistemul PAM. Siemens este reprezentat în schema-bloc din fig. IV.44. Semnalul modulat în frecvenţă este detectat (*1*) obţinîndu-se un semnal

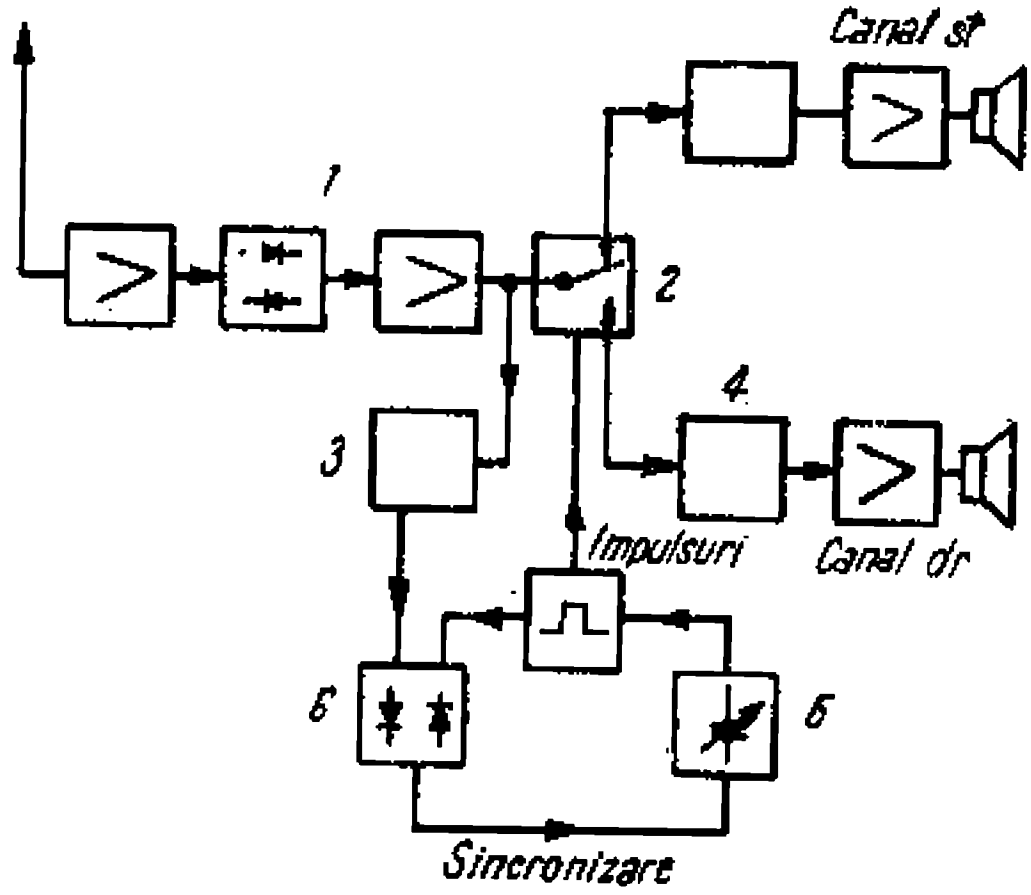


Fig. IV.44. Radioreceptor stereofonic construit după procedeul PAM.

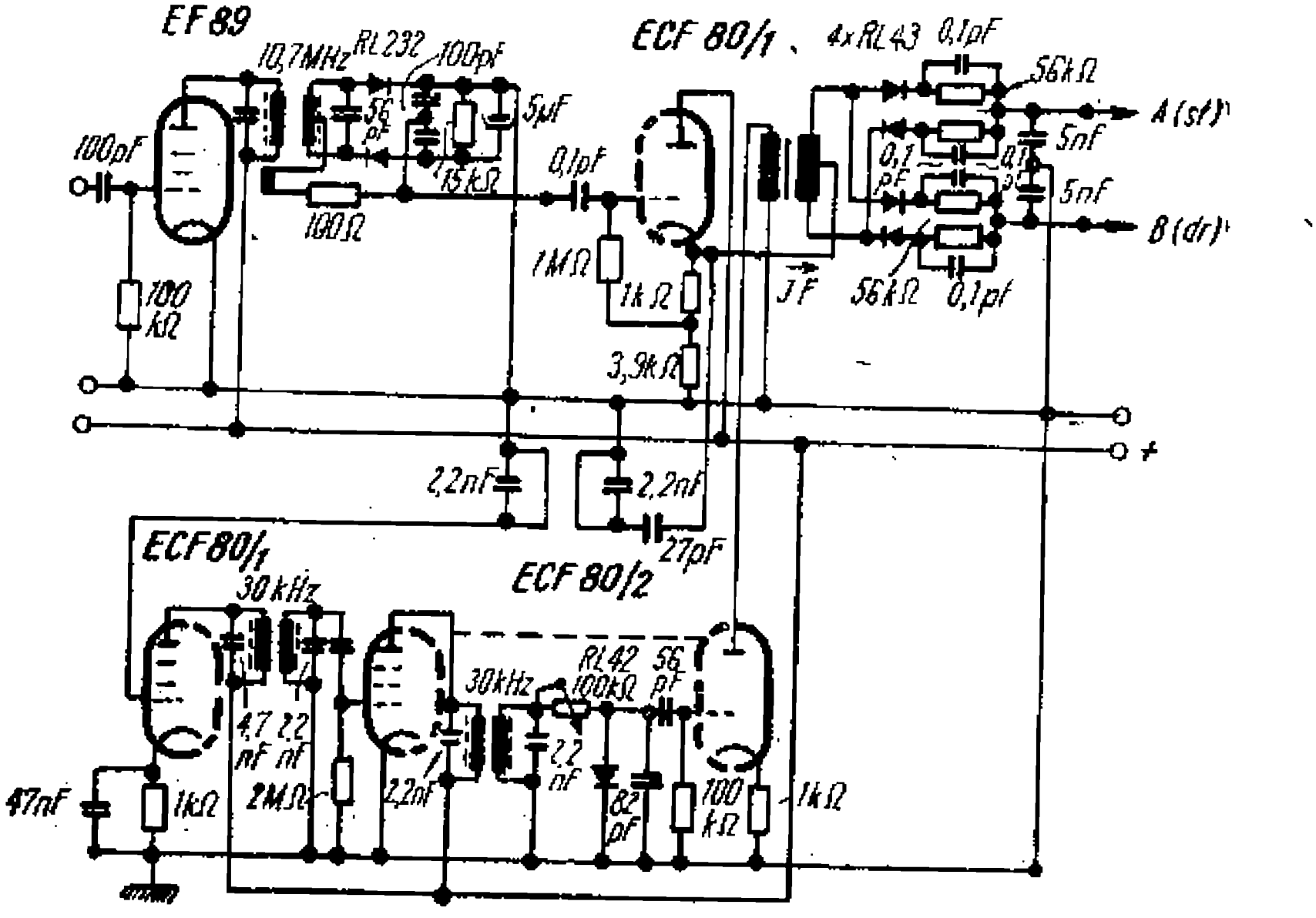


Fig. IV.45. Adaptor stereofonic după procedeul PAM.

sub formă de impulsuri dreptunghiulare modulate cu semnalele X și Y. După o amplificare corespunzătoare, semnalul se compară cu un semnal electric dreptunghiular cu frecvența de 30 kHz, care comandă, la rîndul lui, un comutator electronic (*2*). Sincronizarea se face cu ajutorul unui tub de reactanță (*5*). La ieșirea comutatorului electronic, după o filtrare corespunzătoare, se obțin cele două semnale, care se aplică amplificatoarelor de putere respective (*4*); ieșirea lor este conectată la două difuzoare. Shema realizată practic, indicată în fig.IV.45, cuprinde tubul EF89 (amplificatorul de frecvență intermediară), două diode RL232 (demodulatorul), tubul ECF80/1 (etaj separator), patru diode de același tip (comutator electronic) și tubul ECF80/2 (generator de impulsuri).

În sistemul de modulare cu semiunde, semnalele cu frecvența 30 kHz, de formă dreptunghiulară, modulate cu semnalele X și Y (*1*), sînt heterodinate și se obține o frecvență intermediară de 10,7 kHz (*2*), apoi sînt amplificate (*3*)

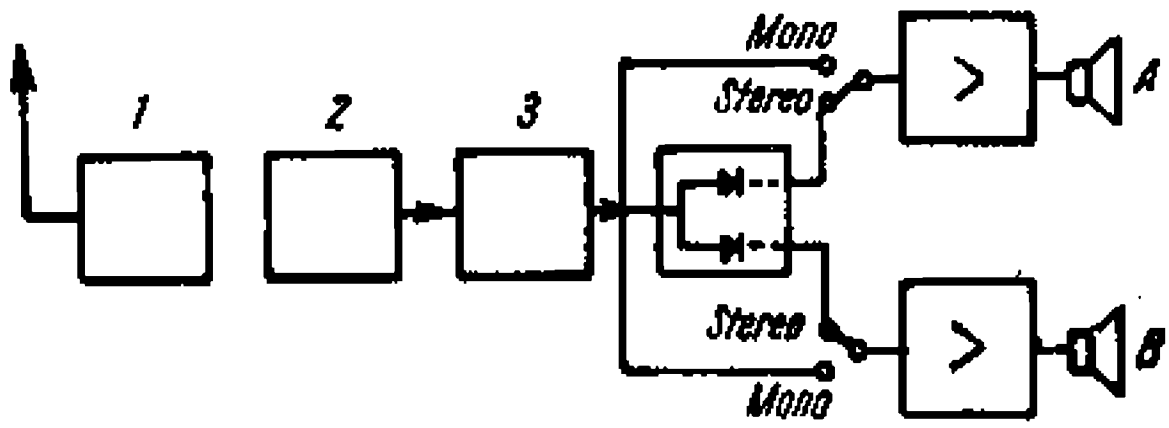


Fig. IV.46. Schema-bloc a unui radioreceptor folosind modulația în frecvență după procedeul de modulare cu semiunde (HMB).

și demodulate. Semnalele rezultate sînt trecute printr-un demodulator stereofonic și apoi aplicate etajelor de joasă frecvență, corespunzătoare semnalelor X și Y (fig. IV.46).

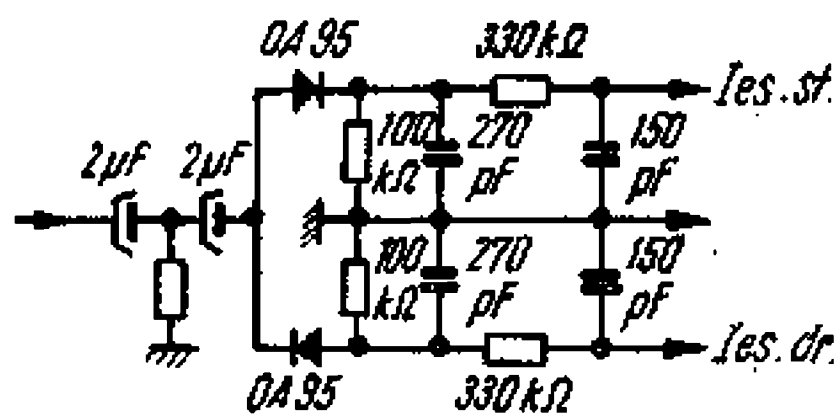


Fig. IV.47. Cel mai simplu demodulator stereo cu diode.

Un detector stereofonic simplu realizat cu diodele OA95 este reprezentat în fig. IV.47. Fiecare alternanță a semnalului modulat este redresată, iar valoarea medie obținută în urma filtrării cu elementele RC (270 pF, 150 pF, 330 pF) dă semnalele X și Y.

În sfîrșit, un adaptor universal stereofonic este reprezentat în fig. IV.48. Acesta poate fi atașat la diferite receptoare, indiferent de demodulatorul pe care îl utilizează. În această schemă selectarea semnalului *S* este ușor de realizat. Deoarece impedanța de intrare este mare, impe-

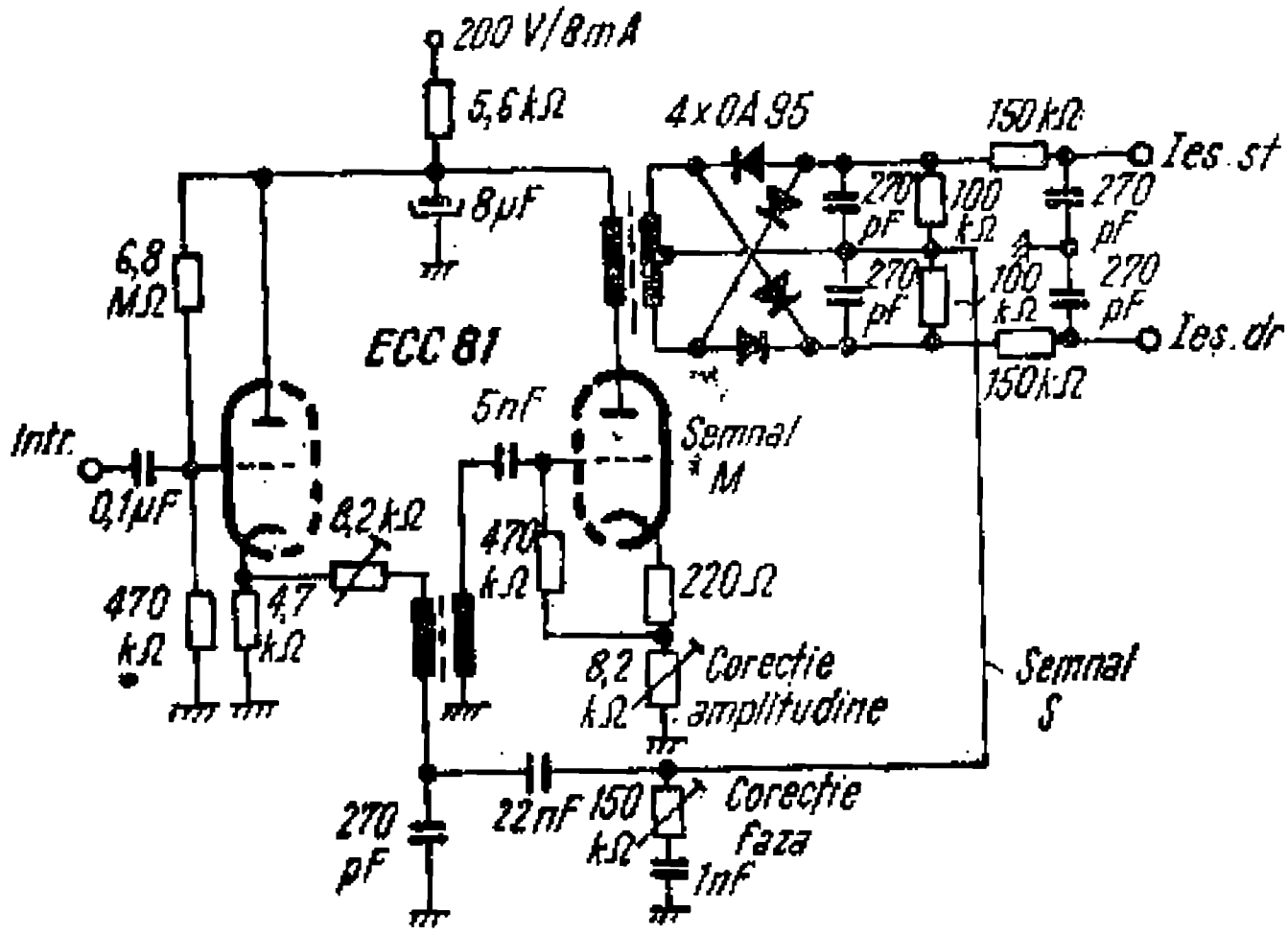


Fig. IV.48. Adaptor universal stereo.

danța sursei nu contează. Se utilizează un montaj cu anodul la masă. Componenta *M* trece prin filtrul de frecvențe, care nu atenuează semnalul, printr-o triodă și apoi este amplificat pînă la valoarea necesară. Adaptorul are și posibilitatea de reglaj al semnalului. Atenuarea de diafonie între cele două canale este de —26 dB.

Un avantaj important al acestui montaj este acela că pentru emisiunile monofonice, nu este necesară o comutare suplimentară, deoarece semnalul monofonic trece neatenuat și nedistorsionat prin demodulatorul *S*.

BIBLIOGRAFIE

1. *Кононовиг А.* Стереоънические усилители низкой частоты, Радио, № 1, ян, стр. 47—50.
2. *** Une préamplificateur stéréophonique compacte et de qualité, Toute la Radio, nr. 265, mai 1962, pp. 175—180.
3. *Hamardinquer P.*, La practique de la Stéréophonie, Editions techniques professionnelles G. Dufour, Paris.
4. *Crowhurst N. H.*, A New Stereophonic Amplifier, I.R.E. Transactions on Audio, nr. 3, mai-iunie 1961, pp. 66—62.

5. *** Neuer Hochleistungs — zweikanal-stereo NF-teil in den Nordmende — Spitzengeräten, Radioschau, nr. 6, iunie-iulie 1960, p. 236.
6. *** Stereo-Phonokoffer mit abgesetzten Lautsprechern, Funkschau, nr. 9, mai 1961, pp. 245—246.
7. *Bergert M.*, Regielautsprecher „085" Film-Fernsehen Kino-Technik, nr. 8, aug. 1962, pp. 183—186.
8. *** Luxus — Musiktruhe mit Exportsuper und Stereo Verstärker Funkschau, nr. 9, 1959, pp. 217—218.
9. *** Ein neuer-Stereo Empfänger der Mittelklasse, Funkschau, nr. 13, iulie 1960, pp. 345—348.
10. *Lafaurie R.*, Haut-parleurs pour l'âge stéréophonique, Revue du Son, nr. 71—72, mars-avril 1959, pp. 99—101.
11. *Auspurger G. L.*, Loud-speakers for stereophonie, Radio Electronics, nr. 3, martie 1959, pp. 39—40.
12. *** Haut-parleurs de basses unique en stéréophonie. Radio Electronique professionnelle, nr. 308, sept. 1961.
13. *Febvre R.*, Haut-parleurs et stéréophonie, Radio Electronique professionnelle, nr. 306, juin 1961, pp. 41—45.
14. *Clonard R.*, Stéréophonie et radiodiffusion, L'onde électrique, nr. 420, mars 1962.
15. *** Systèmes de prise de son et conditions d'écoute en stéréophonie, L'onde électrique, nr. 420, mars 1962.
16. *Necșulea A.*, Reverberația artificială, Telecomunicații, nr. 4, 1958, pp. 147—151.
17. *Bertram K.*, *Petzoldt H.*, Stereo-Richtungsmischer, Funktechnik, 13/1959, p. 459.
18. *Bertram K.*, Stereo-Aufnahmetechnik Telefunken-Ela tip (1959), nr. 12/13.
19. *Steinke G.*, Vorbereitungen für die Stereo- Übertragungstechnik beim Rundfunk, Technische Mitteilungen des BRF, nr. 2, 1961, pp. 59—65.
20. *Kuhl Walter*, Über die akustischen und technischen Eigenschaften der Nachhallplatte, Rundfunktechnische Mitteilungen 2 (1958), nr. 3, pp. 111—116.
21. *Wagner Richard und Brauns Heinrich*, Wege zum Stereo-Rundfunk, Radio-Mentor, mai 1959, pp. 337—342.
22. *Ramain Ph.*, Transmissions FM Multiplex et stéréophonie, Toute la Radio, nr. 258, sept. 1961, pp. 293—298.
23. *Ianus G.*, HochFrequente Übertragungsverfahren stereophonischer Programme Funktechnik, 9/961, pp. 280—283.
24. *Arnaud J. F.*, Emission et réception stéréophonique, Toute la Radio, septembre 1961, p. 258.
25. *** Radiodiffusion et stéréophonie, Revue du Son, nr. 82, feb. 1960.
26. *Hanger Erik und Risak Weith*, Stereofoner Rundfunk, Radioschau, 1961, nr. 9 pp. 368—372; nr. 10, pp. 414—417; nr. 11 pp. 462—465.
27. *Giniaux G.*, Un nouveau système de radiodiffusion stéréophonique à l'essai, Radio et TV, nr. 402, avril 1962, p. 149.
28. *Hübner R.*, Die Auswahl der Senderröhren für Einseitenband — Betrieb, Elektronische Rundschau, nr. 12, dec. 1960, pp. 514—516.
29. *** Стерео Стандард ФСС, Радио и Телевизия, №. 3, 1962, pp. 77-78.

TABLA DE MATERII

Prefață 3
Capitolul I. **Principiile de bază ale stereofonici** 5
1. Organul auditiv 5
2. Perceperea auditivă a direcției și a distanței 7
3. Localizarea auditivă a unei surse sonore 8
4. Localizarea imaginii sonore cu ajutorul a două canale electroacustice 13
Bibliografie 19
Capitolul II. **Inregistrarea și reproducerea stereofonică** 21
1. Procedee de înregistrare și reproducere stereofonică 21
a. Înregistrarea și reproducerea stereofonică cu mai multe canale 23
b. Procedee de înregistrare și reproducere stereofonică cu două canale 25
2. Înregistrarea și reproducerea stereofonică a sunetului de pe disc și bandă magnetică 53
a. Înregistrarea și reproducerea stereofonică a sunetului de pe disc 53
b. Înregistrarea și reproducerea magnetică stereofonică 79
Bibliografie 89
Capitolul III. **Reproducerile stereofonice în spații închise și în aer liber** 91
1. Reproducerile stereofonice în spații închise 92
a. Amenajarea încăperilor de locuit pentru audiții stereofonice 96
b. Camere destinate audițiilor stereofonice de înaltă calitate 101
2. Reproducerile stereofonice în aer liber 102
3 Stereoreverberația 107
Bibliografie 111
Capitolul IV. **Instalații stereofonice** 113
1. Instalații electroacustice pentru înregistrarea și reproducerea stereofonică a programelor muzicale 113
a. Elemente specifice instalațiilor electroacustice stereofonice 114
2. Dispozitive de ascultare 135
a. Amplificatoare de putere stereofonice 135
b. Incinte 154
3. Radiodifuzarea programelor stereofonice 162
a. Radioemisia programelor stereofonice 162
b. Radiorecepția programelor stereofonice 170
Bibliografie 177

Erată

Pag.	Rîndul	În loc de	Se va citi	Din vina
15	10 sus	θ sin θ =	θ + sin θ =	Editurii
49	10 sus	cînd canalul 2 are	cînd canalul 2 nu are	Edituri

Redactor responsabil: Ing. POPESCU IRINA
Tehnoredactor: POPESCU MARIA

Dat la cules 14.03.1963. Bun de tipar 10.06.1963. Apărut 1963. Tiraj 12 000+140 broşate. Hîrtie semivelină de 63 g/m². Format 540×840/16. Coli editoriale 10,52. Coli de tipar 11,25. Planşe: tipar 4. A. 2898/1963. C. Z. pentru bibliotecile mari 621.396.6. C. Z. pentru bibliotecile mici 621.

Tiparul executat la
Întreprinderea Poligrafică „13 Decembrie 1918",
str. Grigore Alexandrescu nr. 93—95,
Bucureşti — R.P.R., comanda nr. 601.

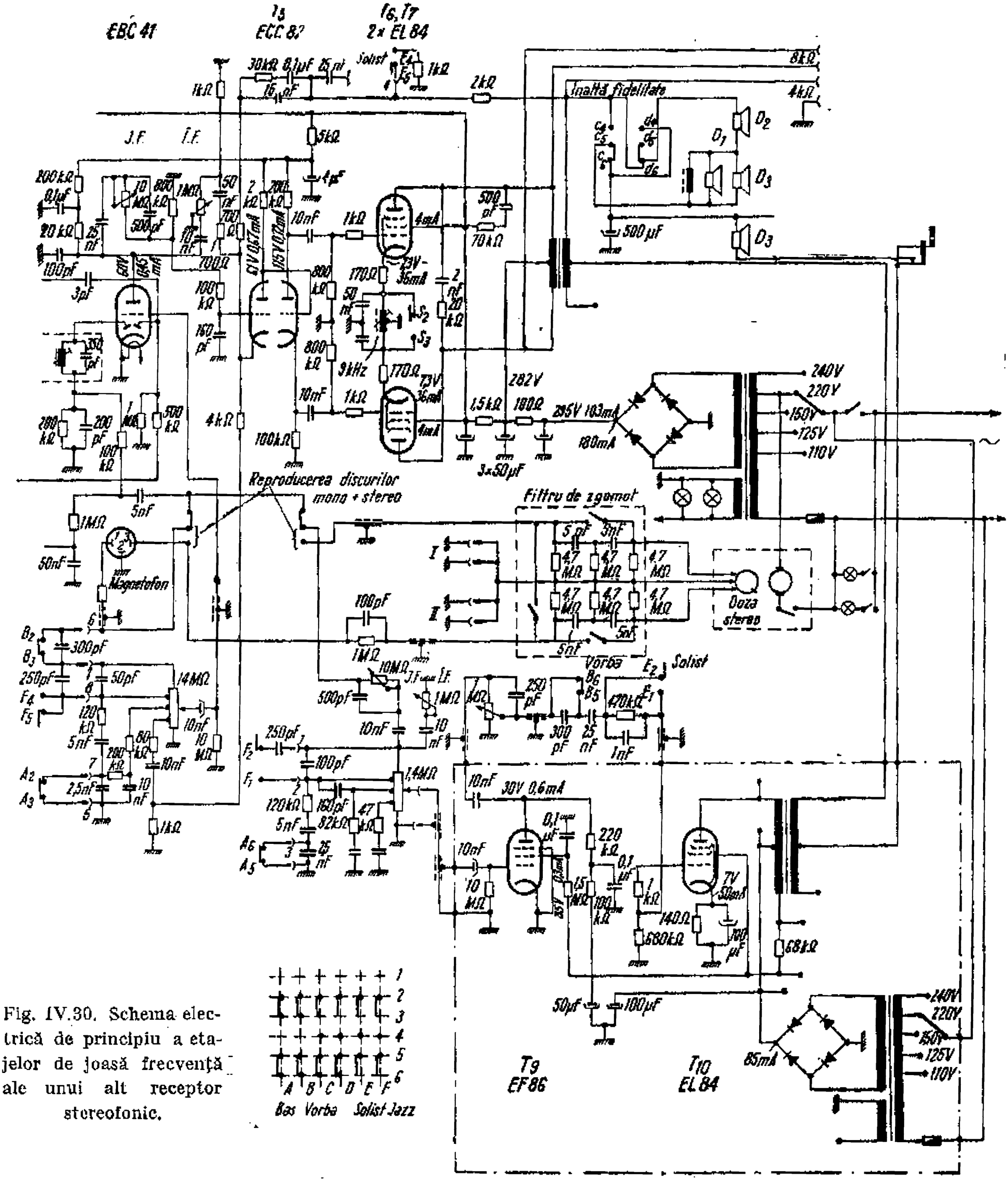


Fig. IV.30. Schema electrică de principiu a etajelor de joasă frecvenţă ale unui alt receptor stereofonic.

ei 6,25

Colecția

RADIO ȘI TELEVIZIUNE
1963

RECEPȚIA EMISIUNILOR DE TELEVIZIUNE LA MARE DISTANȚĂ, de *E. Statnic*

STEREOFONIA ȘI APLICAȚIILE EI
de *C. Luca și P. Milcea*

ANTENE COLECTIVE,
de *I. Vasilescu, Gh. Zamfir*

SFATURI PENTRU POSESORII DE RADIORECEPTOARE, de *D. Ciulin*

SFATURI PENTRU TELESPECTATORI
de *I. Cipere și M. Handra*

SFATURI PENTRU UTILIZAREA MAGNETOFONULUI
de *Mircea Popescu*

RADIORECEPTOR DE BUZUNAR
de, *Th. Bădărău*

NOUTĂȚI ÎN TEHNICA RADIORECEPTOARELOR
(traducere l. rusă) *S. M. Fleișer*

SIGURANȚA ÎN FUNCȚIONARE A APARATURII ELECTRONICE (traducere l. rusă) *Ia. M. Sorin*